

**Dreidimensionale Analyse der Oberkiefermorphologie bei doppelseitiger Lippen-
Kiefer-Gaumenspalte in der Milchgebissphase - Vergleich zwischen frühem und
spätem Gaumenspaltverschluss**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Dr. med. dent.
an der Medizinischen Fakultät
der Universität Leipzig

eingereicht von: Caroline Wulff

Geburtsdatum / Geburtsort: 07.12.1984 / Großenhain

angefertigt an: Universität Leipzig
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Kinderzahnheilkunde und Kieferorthopädie
Selbständige Abteilung Kieferorthopädie

Betreuer: Prof. Dr. K.-H. Dannhauer

Beschluss über die Verleihung des Doktorgrades vom: 22.11.2011

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Literaturübersicht	3
2.1.	Modellvermessung	3
2.2.	Die chirurgische Therapie und deren Einfluss auf das Kieferwachstum	10
2.2.1.	Chirurgischer Lippenschluss	10
2.2.2.	Gaumenplastik	14
2.3.	Kieferorthopädische Therapie während der Milchgebissphase	18
3.	Fragestellung	20
4.	Material und Methode	21
4.1.	Patientengruppen	21
4.1.1.	Untersuchungsgruppe	21
4.1.2.	Vergleichsgruppe	22
4.1.3.	Kontrollgruppe	24
4.2.	Messmethode und Messgerät	24
4.2.1.	Das Reflexmikroskop	24
4.2.2.	Messpunkte	26
4.2.3.	Definition der Bezugsebene	27
4.2.4.	Definition der Strecken- und Winkelmessungen	28
4.2.5.	Messfehlerbetrachtung	30
4.3.	Auswertung der Messergebnisse	31
4.3.1.	Graphische Darstellung der Messergebnisse	31

4.3.2.	Mittelwertvergleiche	33
5.	Ergebnisse	34
5.1.	Darstellung der Mediane und Quartile	34
5.1.1.	Vertikale Distanzen	34
5.1.2.	Transversale Distanzen	39
5.1.3.	Sagittale Distanzen	43
5.1.4.	Winkel	45
5.2.	Mittelwertvergleich	47
5.2.1.	Gegenüberstellung von Untersuchungs- und Vergleichsgruppe	47
5.2.2.	Vergleich der Spaltgruppen mit der Kontrollgruppe	48
6.	Diskussion	50
6.1.	Diskussion der Methodik	50
6.1.1.	Diskussion des Messverfahrens	50
6.1.2.	Diskussion des Untersuchungsmaterials	55
6.2.	Diskussion der Ergebnisse	56
6.2.1.	Diskussion der vertikalen Distanzen	56
6.2.2.	Diskussion der transversalen Distanzen	61
6.2.3.	Diskussion der sagittalen Distanzen	65
6.2.4.	Diskussion der Segmentwinkel	68
6.3.	Beantwortung der Fragestellung	70
6.4.	Klinische Schlussfolgerungen	71
7.	Zusammenfassung der Arbeit	73

Inhaltsverzeichnis

8.	Literaturverzeichnis	76
9.	Anlagen	83
9.1.	Tabellenverzeichnis	83
9.2.	Abbildungsverzeichnis	84
9.3.	Tabellenanhang: Prüfung auf Normalverteilung	86

Bibliographische Beschreibung:

Wulff, Caroline

Dreidimensionale Analyse der Oberkiefermorphologie bei doppelseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte in der Milchgebissphase - Vergleich zwischen frühem und spätem Gaumenspaltverschluss

Universität Leipzig, Dissertation

92 S., 62 Lit., 28 Abb., 5 Tab.

Referat:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der dreidimensionalen Untersuchung und Auswertung der Oberkiefermorphologie bei doppelseitigen vollständigen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten in der Milchgebissphase unter Verwendung des Reflexmikroskopes. Hierzu wurden die Therapiekonzepte des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Leipzig (Untersuchungsgruppe) sowie der ehemaligen Klinik für Plastische und Wiederherstellende Kiefer- und Gesichtschirurgie „Wolfgang Rosenthal“ in Thallwitz (Vergleichsgruppe) unter besonderer Berücksichtigung des Zeitpunkts des Gaumenspaltverschlusses miteinander verglichen. Zusätzlich erfolgte die Gegenüberstellung einer gesunden Kontrollgruppe. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag hierbei auf der Entwicklung in vertikaler Richtung.

Bei spätem Verschluss des Gaumens war eine signifikant stärker ausgeprägte Kranialschwenkung der Spaltpole der Prämaxilla und besonders der Seitensegmente zu beobachten, wohingegen der Inzisivuspunkt in der Untersuchungsgruppe am weitesten kaudal positioniert war. Bedingt durch die Rotation der Prämaxilla nach rechts wies die Vergleichsgruppe linksseitig eine größere Spaltbreite sowie die stärkste Mittellinienabweichung auf. In transversaler Richtung war bei beiden Spaltgruppen im Vergleich zu den Gesunden ein ähnlich ungünstiges Verhältnis von vorderer zu hinterer Zahnbogenbreite festzustellen. Die deutlichste Protrusion der Prämaxilla wurde in der Vergleichsgruppe offenbar.

Abkürzungsverzeichnis

BCLP	beidseitige Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte (bilateral cleft lip and palate)
UCLP	einseitige Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte (unilateral cleft lip and palate)
CAD	computer-assisted design
RME	rapid maxillary expansion

1. Einleitung

Bilaterale vollständige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten (BCLP) stellen unter den oralen Spaltbildungen, welche eine der häufigsten angeborenen Fehlbildungen in Europa sind, die schwerste Form dar. Sie entstehen in der 6.-12. Schwangerschaftswoche durch fehlende Vereinigung der Nasen- und Kieferfortsätze. Die Gründe hierfür sind bis heute noch nicht eindeutig geklärt, es wird jedoch von einem multifaktoriellen Geschehen ausgegangen, bei dem sowohl erbliche als auch Umweltfaktoren wie zum Beispiel chemische und physikalische Noxen, Mangelernährung oder Alkoholkonsum während der Schwangerschaft eine Rolle spielen. Die Therapie der BCLP ist sehr komplex und stellt höchste Anforderungen an das interdisziplinäre Behandlungsteam aus Kieferchirurgen, Kieferorthopäden, HNO-Ärzten, Logopäden und vielen anderen Fachrichtungen.

In der Vergangenheit wurden zahlreiche Konzepte zur Rehabilitation von BCLP-Patienten entwickelt. Dabei gab es von Anfang an kontroverse Diskussionen zur Vorgehensweise. Zum Einen in der Frage der präoperativen kieferorthopädischen Primärbehandlung, die durch Einordnung der prominenten Prämaxilla in den Zahnbogen und Ausrichtung der lateralen Kiefersegmente die Voraussetzungen für einen spannungsfreien chirurgischen Verschluss der Lippe schaffen sollte, von einigen Autoren jedoch als kontraproduktiv angesehen wurde. Zum Anderen gab es unterschiedlichste Auffassungen, was die Methode sowie den zeitlichen Ablauf der Operationen betraf. Dem Vorteil einer günstigen Sprachentwicklung bei frühzeitigem Verschluss des Gaumens stand dabei die Meinung vieler Autoren gegenüber, dass die daraus resultierende Narbenbildung ein starkes Wachstumshemmnis darstelle.

Um die Auswirkungen der verschiedenen Therapiemethoden auf die Morphologie des Oberkiefers zu untersuchen, wurden zahlreiche retrospektive Untersuchungen durchgeführt. Diese Studien wurden zum größten Teil anhand von Gipsmodellen der Spaltkiefer angefertigt, auf denen verschiedene, bei jedem Modell reproduzierbare, Schleimhautpunkte vermessen wurden. Auch bei diesen Modellanalysen kamen die unterschiedlichsten Verfahren zum Einsatz, beginnend mit einfachen zweidimensionalen Messungen mit Hilfe von Messschiebern zu Beginn der Untersuchungen bis hin zu in jüngster Zeit zunehmend angewandten modernen dreidimensionalen und technisch hoch entwickelten Verfahren anhand von digitalen Kiefermodellen.

Im Ergebnis zeigten sich in vielen Studien Dimensionsunterschiede der Oberkiefer von BCLP-Patienten und gesunden Probanden. Es stellt sich jedoch die Frage, ob diese Abweichungen den chirurgischen und kieferorthopädischen Eingriffen geschuldet sind oder als Folge der Fehlbildung auftreten (HEIDBÜCHEL et al., 1998). Auch beziehen sich die

meisten der bisher durchgeführten Studien auf die transversale sowie die sagittale Dimension der Maxilla, wohingegen es zur Entwicklung in der Vertikalen nur wenige Untersuchungen gibt. Ebenso wurde die Situation speziell in der Milchgebissphase bislang nur selten analysiert.

Anknüpfend an die von KRAUSE 2005 vorgelegte Untersuchung der Oberkiefer von Säuglingen mit doppelseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte unter besonderer Berücksichtigung der vertikalen Dimension soll die vorliegende Arbeit die morphologischen Verhältnisse im Oberkiefer dieser Patientengruppe in der Milchgebissphase, ebenfalls mit besonderem Blick auf die Vertikale, untersuchen.

2. Literaturübersicht

2.1. Modellvermessung

In der Geschichte der Modellanalyse lassen sich vielfältige Verfahren zur Vermessung von Gipsmodellen nachweisen, beginnend mit einfachen zweidimensionalen Methoden unter Verwendung von Lineal und Messschieber bis hin zu technisch hoch entwickelten, computergestützten dreidimensionalen Anwendungen in jüngster Zeit. Es existieren zahlreiche Studien zu Vor- und Nachteilen der verschiedenen Verfahren.

2001 stellten BRAUMANN et al. einen Vergleich zwischen zwei- und dreidimensionalen Messverfahren bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten an. Dazu verwendeten sie Modelle von zehn Patienten mit UCLP zu jeweils vier verschiedenen Zeitpunkten innerhalb des ersten Lebensjahres. Die Vermessung erfolgte zum Einen zweidimensional durch Digitalisierung der Modelloberfläche mittels eines Flachbettscanners nach vorheriger Markierung der Messpunkte auf dem Modell. Nach Reidentifikation der Messpunkte am PC schloss sich die Berechnung von Strecken- und Bogenmessungen sowie Winkelbeziehungen mit Hilfe des Programms WINCEPH® 4.15 (Fa. Compudent, Deutschland) an. Die dreidimensionale Vermessung wurde mittels eines Koordinatenmesstisches vorgenommen, wobei eine Tastspitze über eine Linearschlittenkonstruktion die Modelle in allen drei Ebenen des Raumes erfassen konnte. Nachdem die Messpunkte mit der Tastspitze angefahren worden waren, wurde die Messung über einen Fußschalter ausgelöst und die so erhaltenen Koordinaten an einen PC übertragen. Alle Berechnungen wurden anschließend mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft® Excel 95 V 7.0 durchgeführt. Als Ergebnis befanden die Autoren, dass die Genauigkeit eines Messergebnisses weniger von der angewandten Methode als von der Qualität der Modelle abhängt. Bei Strecken- und Winkelmessungen in nahezu einer Ebene sei der Informationsgewinn durch die dritte Dimension nicht mehr zu verifizieren. Fehlinterpretationen seien meist auf ein ungeeignetes Referenzsystem oder, besonders bei kleinen Stichproben, auf die ausschließliche Betrachtung von Mittelwerten zurück zu führen. Für eine schnelle und zuverlässige Modellanalyse seien zweidimensionale Messverfahren deshalb grundsätzlich geeignet. Dreidimensionale Verfahren könnten dann von Vorteil sein, wenn die vertikale Ebene mit in die Auswertung einbezogen würde und eine Vielzahl von Messpunkten zur Anwendung käme.

Zu ähnlichen Erkenntnissen gelangte ROSENHAYN in seiner im Jahr 2000 vorgelegten Untersuchung. Er vermaß je zehn Modelle mit ein- und doppelseitigen vollständigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ebenfalls zweidimensional durch Digitalisierung mit anschließender Auswertung mittels WINCEPH 4.15 (Fa. Compudent) sowie dreidimensional unter Verwendung eines mechanischen Koordinatenmesstisches wie bei BRAUMANN beschrieben. Er kam zu dem Schluss, dass das zweidimensionale Verfahren zwar nicht die Messgenauigkeit des dreidimensionalen Vorgehens aufweise, dafür aber schnell und leicht durchführbar sei und eine Darstellung der Entwicklungsabläufe im Spaltkiefer zuließe. Lediglich die Gaumendachneigung sei hiermit nicht bestimmbar. Der Autor empfahl eine Einbeziehung dieser Art der Modellanalyse in den Behandlungsablauf, um die gewonnenen Ergebnisse zur Verbesserung der Patientenbehandlung einsetzen zu können. Das Anwendungsgebiet der genaueren, dreidimensionalen Methode sah er eher im rein wissenschaftlichen Arbeiten, da dieses Verfahren sowohl zeitlich als auch apparativ mit höherem Aufwand verbunden sei.

Einen Vergleich zwischen zwei- und dreidimensionalen Messmethoden stellten 2007 auch DARVANN et al. an. Sie vermaßen dafür zwei Modellserien, um den Zusammenhang zwischen korrespondierenden zwei- und dreidimensional vermessenen Werten zu ermitteln und Fehler aufzuzeigen, die zu verfälschten 3D-Werten bei der Anwendung von 2D-Messverfahren führten. Für die erste Serie wurden die Modelle fotografiert sowie mittels eines elektromechanischen Hand-Digitizers computergenerierte 3D-Bilder der Modelloberflächen erstellt. Für die zweidimensionale Vermessung wurden die Umrisse der Modellfotos abgepaust und über einen Flachbettscanner eingescannt. Die Flächenberechnung erfolgte schließlich automatisch über eine spezielle Software. Für die zweite Serie erfolgte die Digitalisierung der Modelloberflächen durch einen CT-Scanner mit anschließender manueller Darstellung der Konturlinien. Korrespondierende 2D-Flächen wurden durch Projektion der Modelloberflächen in eine 2D-Ebene berechnet. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass bei zweidimensionaler Vermessung des dreidimensionalen Verhältnisses von Spalt- zu Gaumenfläche ein totaler Fehler von 15% auftrete, welcher bei gut berechneten Setups durch Multiplikation mit dem Faktor 0,75 ausgeglichen werden könne.

Eine schon seit längerem und auch in der vorliegenden Arbeit angewandte Methode der dreidimensionalen Vermessung stellt die Verwendung des Reflexmikroskops dar, dessen Genauigkeit SPECULAND et al. bereits 1988 untersuchten. Dieses Verfahren ermöglicht die dreidimensionale Vermessung von unregelmäßig geformten Objekten einer Größe von

maximal 100mm über ein mit einem Mikrocomputer verbundenes Mikroskop. Als Marker dient ein ins Gesichtsfeld des Mikroskops projizierter Lichtpunkt, der durch Bewegung des Objektes mit den zu vermessenden Modellpunkten in Übereinstimmung gebracht wird. Als Testobjekt verwendeten die Autoren einen kalibrierten Metall-Würfel, von welchem vier Eckpunkte vermessen und drei Strecken zwischen diesen berechnet wurden. Ein Computerprogramm ermittelte die X-, Y- und Z-Koordinaten, berechnete die Strecken zwischen den Punkten sowie die Standardabweichungen der Koordinaten und den Standardfehler des Mittelwerts der drei Distanzen. Alle Messungen wurden von demselben Untersucher vorgenommen. Es wurden je zehn Durchgänge mit 5-, 10- und 20facher Vergrößerung durchgeführt. Nach 24 Stunden erfolgte eine Wiederholung des Vorgangs. Zusätzlich wurden zwei Messschieber auf eine Länge von 50mm eingestellt und diese Distanz in horizontaler und vertikaler Ebene mit zehnfacher Vergrößerung je 20mal gemessen. Schließlich erfolgte die Vermessung eines Gitternetzes mit einer Skalierung von 1mm in der X- und Y-Ebene mit 20facher Vergrößerung, ebenfalls 20mal je Ebene. Als Ergebnis ermittelten die Autoren einen Operator-Vermessungs-Fehler von weniger als 0,15mm bei der Vermessung linearer Strecken und somit ein reproduzierbares Ergebnis. Weiterhin stellten sie eine Tendenz des Mikroskops zu einer um 0,28% bzw. 0,14mm verkürzten Messung bei einer Strecke von 50mm fest. Es gab keine Unterschiede in der Exaktheit der drei Ebenen X, Y und Z.

Durch zunehmende technische Entwicklung und Fortschritt kamen in jüngster Zeit immer neuere Verfahren zur dreidimensionalen Modellanalyse, vor allem Untersuchungen an digitalen Modellen, zur Anwendung. So untersuchten QUIMBY et al. als eine der Ersten im Jahr 2003 die Genauigkeit und Verlässlichkeit von Messungen an digitalen Modellen. Von 50 kieferorthopädischen Patienten wurden je zwei Abdrücke von Ober- und Unterkiefer genommen, wovon ein Paar mit Gips ausgegossen und das andere zur Erstellung der digitalen Modelle an OrthoCad versandt und am Tag der Ankunft ebenfalls ausgegossen wurde. Der gleiche Ablauf erfolgte mit Abdrücken eines künstlichen Standard-Gebisses aus Plastik (Dentoform), von welchem je zehn Modelle erstellt wurden. Die Vermessung der Gipsmodelle wurde mit digitalen Messschiebern vorgenommen, während die Strecken auf den Computer-Modellen mit einer Computer-Maus eingezeichnet wurden. Mit der Software OrthoCad (Cadent Inc, Fairview, NJ) Version 1,17 erfolgte die Darstellung und Vermessung der Modelle. Nach Durchführung von drei verschiedenen Messreihen kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass Messungen an Computer basierten Modellen genauso exakt und verlässlich seien wie solche an Gipsmodellen, weshalb Erstere eine akzeptable Alternative zu konventionellen Modellen darstellten.

Auch ZILBERMAN et al. verglichen 2003 die Modellvermessung mittels digitalem Messschieber mit derjenigen an virtuellen Modellen mittels OrthoCad. Von 20 künstlichen Kiefern wurden je 20 Gipsmodelle sowie virtuelle Modelle erzeugt, an denen die Zahngröße sowie intercanine und intermolare Zahnbogenbreite vermessen wurden. Die Ergebnisse beider Methoden waren akzeptabel, wobei die Messungen am Gipsmodell genauer und reproduzierbarer waren, dicht gefolgt von jenen am virtuellen Modell. Aus diesem Grund befanden die Autoren die Modellanalyse mittels digitalem Messschieber für wissenschaftliche Arbeiten als geeigneter.

2004 beschrieben Francesco und G. Battista GARINO die virtuelle Simulation von kieferorthopädischen Therapieergebnissen anhand von digitalen Modellen, die aus den primären Silikonabdrücken erstellt wurden. Die Abdrücke wurden zusammen mit einem Wachsbiss zur exakten Zuordnung von Ober- und Unterkiefer sowie eines Behandlungsplans ebenfalls zu Orthocad, Cadent, USA geschickt. Nach einigen Tagen konnten die digitalen Modelle sowie das virtuelle okklusale Set-up, in welchem alle Zahnbewegungen gemäß dem Behandlungsplan umgesetzt wurden, über das Internet eingesehen und gespeichert werden.

Ebenfalls 2004 beschrieb JOFFE die Anwendung von OrthoCad und verglich dieses mit QuickCeph (QuickCeph Systems, San Diego, California, USA), bei welchem die Modelle aus fünf verschiedenen Blickwinkeln digital fotografiert wurden aber keine Manipulation sowie nur eine limitierte Auswertung der virtuellen Modelle möglich war. Der Autor hob die vielfältigen Möglichkeiten von OrthoCad hervor, welches die Bearbeitung und Vermessung der Modelle in allen Ebenen des Raumes ermöglichte. Das Erstellen der digitalen Modelle erfolgte hier, anders als bei QuickCeph, durch optisches Scannen der Gipsmodelle. Die virtuelle Darstellung und Bearbeitung wurde mit der OrthoCad Software durchgeführt.

In einem Überblick über die aktuellen Verfahren zur Erstellung digitaler 3D-Modelle beschrieben HAJEER et al. 2004 unter anderen die Align® Technologie für die Invisalign Anwendungen zur kieferorthopädischen Zahnbewegung. Hierbei wurden ebenfalls Abformungen, Bissregistrare und Röntgenbilder zu Align® Technology versandt, wo die Gipsmodelle durch sogenanntes „destructive scanning“ in 3D-Daten überführt wurden. Es erfolgte nach und nach die Abtragung papierdünner Schichten vom Modell sowie die Anfertigung von 2D-Aufnahmen desselben mittels einer Digitalkamera nach jedem Vorgang. Ein Computer fügte etwa 300 auf diese Art gewonnene Bilder zusammen und erstellte so ein 3D-Modell. Dieses wurde schließlich an einen Graphik-Designer gesandt, der ein Set-up vom

gewünschten Therapieergebnis anfertigte bevor über eine Reihe von Zwischenschritten durchsichtige Schienen zur Begradigung der Zahnreihe erstellt wurden.

2002 bewerteten BRAUMANN et al. ein bereits 1999 von ihnen beschriebenes Verfahren zur dreidimensionalen Analyse der Veränderungen im unbezahnten Spaltkiefer unter Verwendung derselben Modelle wie bereits 2001. Hierfür wurden die Modelle mittels eines 3D-Laser-Scanners optisch vermessen. Bei diesem sogenannten Laser Triangulations System, dem Micromasure 70 (Micromasure GmbH, Linden, Germany), erfolgte die Projektion eines Laserstrahls auf das zu vermessende Modell, welches mit einer CCD-Kamera aufgenommen wurde. Eine schrittweise Bewegung des Modells unter dem Laserstrahl erlaubte die Registrierung von aufeinander folgenden Profilen, die durch den Computer zu einer 3D-Punkt-Wolke zusammen gesetzt wurden, welche die Oberfläche des vermessenen Objektes darstellte. Nach der Digitalisierung wurden die Modelle mit Hilfe spezieller Computersoftware am Computer rekonstruiert, ausgerichtet und anschließend übereinander gelegt, um so das Ausmaß und die Richtung der morphologischen Veränderungen der Maxilla zu beurteilen. Zusätzlich erfolgte die Segmentierung der Oberflächen senkrecht zum Alveolarkamm. Die Volumen der so entstandenen Segmente wurden bestimmt und miteinander verglichen.

OOSTERKAMP et al. bewerteten 2006 die Verlässlichkeit von dreidimensionalen Messungen an virtuellen Modellen im Vergleich zu solchen am Gips-Modell. Dafür wurden zehn Modelle von Patienten mit bilateralen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten mit einem LDI-Scanner (Dual-Sensor-Laser-Scanner, RPS 450, Laser Design Inc., Minneapolis, MN) gescannt, indem das Modell auf dem Scannertisch platziert wurde, der es nach einem vorgegebenen Pfad in der X-, Y-, und Z-Ebene bewegte, während ein Laserstrahl die Modelloberfläche abtastete. Die Verarbeitung der erhaltenen Punkte-Wolke zu einem 3D-Modell erfolgte mit Hilfe eines Geomagic-version-5-Software(Geomagic, Inc., New York, NY)-Makros. Das erhaltene Modell wurde mit Hilfe der Viscam RP Version 2.1 Software vermessen, nachdem die Referenzpunkte markiert worden waren. Die Vermessung der Gipsmodelle erfolgte mit einem digitalen Messschieber. Aus dem Ergebnis dieser Studie schlussfolgerten die Autoren, dass mit der verwendeten Software virtuelle dreidimensionale Modelle zur Streckenmessung zwischen existierenden Messpunkten verlässlich genutzt werden können, während Messungen zwischen konstruierten Punkten außerhalb der Modelloberfläche nur schlecht möglich seien.

HOLBERG et al. beschrieben 2007 die biomechanische Analyse einer transversalen maxillären Erweiterung bei Spaltpatienten. Dafür entwickelten sie drei virtuelle Finite-

Elemente-Modelle jeweils eins ohne Spaltbildung sowie mit ein- und doppelseitiger Spalte, in denen sie eine transversale Kraft von 2N simulierten. Für die Konstruktion der virtuellen Modelle erfolgte zunächst die Digitalisierung eines Gipsmodells mittels eines dreidimensionalen Scanners von Minolta (Langenhagen, Deutschland). Dieses wurde mit Hilfe der Rapidform™ Software (Inus Technology Inc, Seoul, South Korea) von unregelmäßigen Oberflächen bereinigt und geglättet und anschließend in ein Computer-aided-Design- (CAD-) Modell bestehend aus bilinearen Elementen umgewandelt. Der Verlauf der Kiefer- und Gaumenspalten wurde im Nachhinein interaktiv modelliert. Nach Simulation der transversalen Erweiterung konnte mittels der Design Space™ (Ansys Inc, Canonsburg, Pa) Software ein Vergleich zwischen den drei Modellen vorgenommen werden.

Auch WANG et al. untersuchten 2008 die Auswirkungen einer RME (rapid maxillary expansion) auf den kraniofacialen Komplex eines Patienten mit UCLP anhand eines Finite-Elemente-Modells, welches jedoch unter Verwendung von Spiral-CT-Bildern konstruiert wurde. Diese hatten im nasomaxillären Bereich eine Schichtdicke von 1,25mm, in den anderen Regionen von 5mm. Jedes Bild wurde bearbeitet, um eine bessere Kontrastdarstellung zu erreichen und die Position der skelettalen Suturen wurde markiert. Anschließend erfolgte die Definition der Punkte an der Knochengrenze und die Festlegung der X-, Y- und Z-Koordinaten mittels spezieller Software. Alle Koordinaten des knöchernen Profils und der Suturenposition wurden in die Surfacar Software 10.0 (SDRC, Inc., Cincinnati, OH) importiert, um ein Line-Frame-Modell des Schädels zu erstellen. Dieses wurde in die ANSYS8.0 Software (ANSYS, Inc., Canonsburg, PA) überführt, um ein Finite-Elemente-Modell des kraniofacialen Komplexes zu erhalten, anhand dessen die Drücke und Dislokationen innerhalb des Schädels berechnet wurden.

Bereits 2005 hatten HOLBERG et al. über ein digitalisiertes Verfahren die Genauigkeit von Gipsmodellen des Gesichts überprüft. Auch hierfür wurden die Gipsmodelle mittels eines 3D-Scanners digitalisiert. Ebenso erfolgte die direkte Digitalisierung der facialen Oberflächen. Die entsprechenden Punkt-Wolken konnten so übereinander gelegt und die quantitativen Abweichungen erfasst werden. Während der Datenerfassung wurden als Referenzpunkte mehrere weiße Streifen über LCD-Masken auf das zu vermessende Objekt projiziert, die über zwei CCD-Kameras aus verschiedenen Winkeln aufgenommen wurden. Alle Objekte wurden so vor dem Scanner platziert, dass alle Oberflächen gleichzeitig erfasst und Unterschnitte vermieden werden konnten. Nach Kalibrierung und exakter Positionierung der Objekte wurde der Scannprozess in einer durch das Comet® Programm (Steinbichler) kontrollierten Sequenz gestartet. Mit demselben Programm wurden die erhaltenen Daten

gefiltert. Die Vermessung der Abweichungen zwischen der facialen Oberfläche und den Gipsmodellen erfolgte mit Hilfe des Surfacer® Programmes (Metrix Software Solutions Ltd, Montreal, Canada), in das alle gewonnenen Daten transferiert wurden. Die notwendige Überlagerung des Gesichts mit dem Gipsmodell erfolgte nach einem Algorithmus, der die Punkt-Wolken so positionierte, dass die Summe der individuellen Distanzen so klein wie möglich war.

Die Genauigkeit von dreidimensionalen Messungen an Modellen, die mittels Stereophotogrammetrie aufgenommen wurden, überprüften BELL et al. im Jahr 2003. Dabei wurden 22 Modelle, auf denen sechs Messpunkte markiert worden waren, zum Einen manuell mittels eines Messschiebers und zum Anderen digital vermessen. Hierbei kam eine biostereometrische Technik zur Anwendung, die von AYOUB et al. (1997) entwickelt worden war. Das Modell wurde dabei auf einen verstellbaren Tisch platziert und mittels stereopaarig angeordneter Kameras, die mit einem Computer verbunden waren, aufgenommen. Diese Kameras befanden sich in einem Abstand von 500mm von den Modellen und 100mm zueinander. Der Computer wandelte die Televisions-Bilder mit Hilfe der Software C3D-builder in digitale Zahlentabellen um. Aufgrund der homogenen Oberflächenbeschaffenheit der Modelle wurde über einen Dia-Projektor ein feines Muster mit zufällig angeordneten Punkten auf die Modelle projiziert, das eine vom C3D-builder erkennbare Textur bot. Von jedem Modell wurden zwei Bild-Paare gewonnen, eins unter normaler Belichtung und eins mit Textur-Projektion. Der C3D-builder wandelte die Textur-Projektion-Bilder in eine 3D-Rekonstruktion der Modelloberfläche um. Über diese wurden die normal belichteten Modelle gelegt, um die Messpunkte sichtbar zu machen. Das so erhaltene Modell konnte aus jedem Blickwinkel betrachtet und Messungen von Strecken, Volumina und Winkeln vorgenommen werden. Über ein spezielles Vermessungs-Tool konnten dieselben Messungen vorgenommen werden wie am Gipsmodell. Die durchschnittliche Abweichung beider Messungen betrug 0,27mm und war somit nicht signifikant. Die Autoren schlussfolgerten daraus, dass diese Methode der dreidimensionalen Vermessung ausreichend genaue Werte lieferte.

Schon 1992 beschrieben ONO et al. ein Verfahren zur dreidimensionalen Analyse von Schädelknochen mit Hilfe dreidimensionaler Computertomographie. Dafür wurden zunächst CT-Bilder des Schädels mit einer Schichtdicke von 2mm erstellt. Diese wurden über eine optische Disketten-Einheit, die mit dem CT-Scanner verbunden war, gespeichert. Die CT-Daten wurden schließlich von der Diskette auf ein magnetisches Band kopiert, um in ein System zur 3DCT-Vermessung überführt werden zu können. Dieses System bestand aus

einem DEC VAX 3200-Computer System und einer Software, die von den Autoren speziell für die Darstellung und Vermessung von 3D-Bildern entwickelt worden war. Es konnten sowohl skelettale Bilder als auch solche der Weichteile dargestellt werden. Dabei war es möglich, zur gleichen Zeit Bilder aus sechs verschiedenen Blickwinkeln zu erhalten und folgende Messungen durchzuführen: Berechnung der dreidimensionalen Entfernung zweier Punkte sowie der Entfernung eines Punktes zu einer beliebigen Ebene, Winkelberechnungen zwischen drei beliebigen Punkten und Bestimmung der Koordinaten eines Punktes. Die Koordinaten konnten nun in den Computer eingegeben und automatisch Wireframe-Modelle, sogenannte Skelettogramme, für die detaillierte morphologische Analyse erstellt werden.

2.2. Die chirurgische Therapie und deren Einfluss auf das Kieferwachstum

2.2.1. Chirurgischer Lippenschluss

1971 beschrieb MILLARD ein einzeitiges Vorgehen beim Verschluss doppelseitiger Lippenspalten und anschließender Verlängerung der Columella. Dabei erfolgte zuerst über zwei bis drei Wochen eine Rückverlagerung der Prämaxilla durch ein extraorales Gummiband, das an einer Kopfkappe befestigt war. Mit etwa einem Monat folgte die muskuläre Vereinigung der Lippe sowie die Verschiebung eines gegabelten Lappens für die spätere Verlängerung der Columella mit etwa drei Monaten, was eine Anhebung der Nasenspitze zum Ziel hatte. Durch die Vereinigung der Muskelenden hinter dem Prolabium wurde eine bessere Lippenfunktion sowie eine Verbesserung der Narben erreicht. Des Weiteren verhinderte das Überlappen des prolabialen Lippenrots durch die seitlichen Anteile eine Abweichung in der Lippenfarbe.

1998 untersuchten HEIDBÜCHEL et al. in einer longitudinalen Studie das Oberkieferwachstum von 30 Kindern mit doppelseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte im Alter zwischen 0 und 4 Jahren. Alle wurden präoperativ einer kieferorthopädischen Behandlung nach HOTZ und GNOINSKI unterzogen. Der Lippenschluss erfolgte einzeitig nach der modifizierten Manchester Methode im Alter von durchschnittlich 220 Tagen, wonach die Gaumenplatte erneut eingesetzt wurde. Der Verschluss des weichen Gaumens erfolgte im Alter von etwa 398 Tagen nach der von Langenbeck Technik. Der harte Gaumen sollte zusammen mit einer Osteoplastik des Alveolarkamms im Alter von 9 Jahren verschlossen werden. Nach Lippenschluss stellten sie eine Wachstumshemmung in der intercaninen Breite sowie der Zahnbogenlänge fest. Auch das Längenwachstum der Prämaxilla wurde in dieser Phase gehemmt. Unmittelbar nach dem Verschluss des weichen

Gaumens war ein negatives Wachstum des intercaninen sowie des intertubären Abstands ersichtlich, wobei letzterer in der postoperativen Phase wieder aufholte.

Eine Verbesserung der maxillären und dentalen Entwicklung von BCLP-Patienten durch eine neue Behandlungsmethode wies LATHAM 2007 durch einen Vergleich mit der früheren Methode nach. Diese beinhaltete eine Gingivo-Periosteoplastik sowie Lippenadhäsion mit 3 Monaten, gefolgt vom definitiven Lippenschluss im Alter von 8 Monaten und des Verschlusses des harten und weichen Gaumens mit 12 Monaten. Die neue Methode sah den Verschluss des harten Gaumens unter Anwendung einer neuen Operationstechnik im Alter von 3 und 12 Monaten sowie den definitiven Lippenschluss mit erst 18 Monaten nach Heilung der knöchernen Plattform sowie anteriorem Wachstum des Processus alveolaris vor. Der harte Gaumen wurde im Zuge der Gingivo-Periosteoplastik durch Ausdehnung der mucosalen Lappen nach posterior und eine zweite Schicht, gebildet aus der Nasenseptum-Mucosa, teilweise oder ganz verschlossen. 21 Patienten beider Gruppen mit protrudierter Prämaxilla erhielten präoperative kieferorthopädische Behandlung mittels einer intraoralen Pin-verankerten elastischen Apparatur zur Repositionierung der Prämaxilla. 12 aktuelle Fälle wurden mit 12 Fällen der früheren Technik verglichen. Das Alter der Patienten betrug 5 Jahre. Bei 10 von 12 der mit der früheren Methode behandelten Patienten war ein anteriorer Kreuzbiss feststellbar. Des Weiteren waren bei allen ein oder beide Eckzähne kreuzverzahnt. Nach der neuen Methode behandelte Patienten wiesen nur in 4 von 12 Fällen (33%) einen Kreuzbiss der Inzisiven und in 50% der Canini auf.

MULLIKEN et al. proklamierten 2003, dass das Hauptanliegen eines Chirurgen das nasolabiale Erscheinungsbild sowie eine gute Sprachentwicklung sein sollte, auch wenn durch primäre Operationen das Wachstum der Maxilla beeinflusst werde. Sie verschlossen bilaterale Lippenspalten einzeitig im Alter von vier bis fünf Monaten nach Beendigung der präoperativen kieferorthopädischen Behandlung nach LATHAM. In einem späteren Vergleich der Kephalogramme von 16 auf diese Art behandelten Kindern mit denen von 12 kieferorthopädisch unbehandelten Kindern im Alter von 10 Jahren fanden sie jedoch keine wesentlichen skelettalen Unterschiede zwischen den zwei Gruppen. Die präoperative Kieferorthopädie verursachte eher eine Retroinclination als eine basilare Bewegung der Maxilla.

ANASTASSOV und JOOS plädierten 2001 für eine funktionell orientierte Wiederherstellung der kraniofacialen Strukturen unter Berücksichtigung der unterbrochenen Verbindung zwischen primären (Knorpelmatrix) und sekundären (viscerokraniale Suturen) Wachstumszentren. Diese seien normalerweise durch die mimische Gesichtsmuskulatur

miteinander verbunden, welche zum Teil am kaudal-anterioren Nasenseptum ansetze. Das septovomere Wachstumszentrum sei wiederum hauptverantwortlich für das Ventralwachstum des Mittelgesichts, da bei Wachstumsvorgängen in dieser Region Wachstumskräfte über die Muskeln auf das Mittelgesicht übertragen werden. Diese Vorgänge seien bei Spaltpatienten unterbrochen, was bei der Korrektur der Fehlbildung berücksichtigt werden müsse. Das Behandlungskonzept der Autoren sah daher ein zweiphasiges Operationskonzept mit einer primären Cheilorhino- und Gingivoperiosteoplastik im Alter von drei Monaten sowie einer funktionellen Palatoplastik mit neun Monaten vor. Eine präoperative kieferorthopädische Behandlung entfiel. Die Prinzipien des primären Lippenschlusses beinhalteten eine tiefe, bis zum Infraorbitalrand reichende, subperiostale Unterminierung der Weichgewebe. Eine suprapariostale Abhebung, wie von einigen Autoren empfohlen, habe eine verstärkte Narbenbildung und eine damit verbundene Wachstumshemmung zur Folge. Weitere Prinzipien waren die Freilegung des kaudalen anterioren Drittels des membranösen Nasenseptums sowie die Adaptation der einzelnen Muskeln an dieses. Die horizontalen Fasern des M. orbicularis oris der lateralen Segmente wurden verbunden. Das Prolabium wurde zum Lippenschluss nicht verwendet, da es keine Muskelfasern enthalte und auch die Mucosa von einer anderen Qualität sei als die der lateralen Segmente. Schließlich wurde auch das Mucoperiost des Alveolarkamms vernäht. Während der primären Gaumenplastik wurden orale und nasale Mucosa sowie die Gaumenmuskeln voneinander separiert und in einzelnen Lagen vernäht. Auch die Mm. palatoglossus und palatopharyngeus wurden mobilisiert und in der Mitte vereinigt.

In einer vergleichenden Studie wurden 50 auf diese Art behandelte und 60 nach der Millard's-Technik behandelte Kinder im Alter von 6,5 Jahren hinsichtlich maxillären Wachstums, Overbite und einer Tendenz zur Angle-Klasse-III miteinander verglichen. Die Gruppe nach Millard erfuhr eine präoperative kieferorthopädische Behandlung sowie eine späte Gaumenplastik im Alter von 2,5 Jahren. Transversal gab es keine nennenswerten Unterschiede. Jedoch war bei den nach oben genannter Methode behandelten Kindern in 15% der Fälle ein anteriorer Kreuzbiss zu finden, während es bei Millard 57% waren. Nur 20% der funktionell behandelten Patienten zeigten eine Tendenz zur Angle-Klasse-III, 16% eine vertikale Hypoplasie der Maxilla. Der Overbite lag durchschnittlich bei 2,1mm. Es zeigte sich weiterhin eine normale Entwicklung des Mittelgesichts und kein offener Biss. In der Vergleichsgruppe zeigten 80% eine Angle-Klasse-III-Verzahnung. Der Overbite betrug hier im Mittel nur 0,1mm. Die Maxilla war in 67% horizontal und vertikal hypoplastisch und 40% der Patienten hatten einen skelettal offenen Biss.

KALANZI et al. befürworteten 2004 eine Lippenadhäsion vor dem eigentlichen Lippenschluss. Diese hat zum Ziel, durch eine vorläufige Operation eine weite komplette Lippenspalte in eine weniger schwierig zu operierende unvollständige Spalte umzuwandeln. So würde der primäre Lippenschluss verbessert und sekundäre Korrekturoperationen weniger notwendig. In einer Studie untersuchten sie 22 auf diese Art behandelte Patienten, davon 8 mit BCLP. Voraussetzung waren eine mehr als 7mm große Kieferspalte sowie eine schwere Protrusion der Prämaxilla. Die Adhäsion erfolgte im Alter von 5 Wochen nach der Randall-Technik. Der definitive Lippenschluss nach Mulliken erfolgte mit 9 Wochen. Der Verschluss des Gaumens wurde schließlich mit 5 Monaten durchgeführt. 38,8 Tage nach der Lippenadhäsion war eine Verkleinerung der linksseitigen Spalten um durchschnittlich 64,1% und der rechtsseitigen Spalten um 70% nachweisbar.

1996 stellte BERKOWITZ einen Vergleich zwischen den Behandlungsergebnissen einer konservativen Behandlungsmethode ohne prächirurgische kieferorthopädische Geräte und der Millard-Latham-Methode (M-L) mit prächirurgischer Retraktion der Prämaxilla durch eine verschraubte palatinale Apparatur gefolgt von einer Gingivo-Periosteoplastik, die eine Migration von Knochenzellen zur Überbrückung des Alveolardefekts bewirken sollte, an. Beim konservativen Vorgehen wurde in einigen Fällen nur eine Kopf-Kinn-Kappe mit einem externen Elastic verwendet, um eine Ventroflexion der Prämaxilla zu erreichen. Der Lippenschluss erfolgte beim konservativen Vorgehen in einem Schritt im Alter von etwa 6 Monaten, während im Vorgehen nach M-L einer Lippenadhäsion mit 1-2 Monaten der definitive Lippenschluss mit 6 Monaten folgte. In beiden Fällen wurde der Verschluss des Gaumens im Alter zwischen 18 und 30 Monaten unter Verwendung der von Langenbeck-Technik durchgeführt. Im Ergebnis war bei allen Patienten der M-L-Methode im Alter von 9 Jahren eine maxilläre Retrognathie zu beobachten, während die konservativ behandelten Fälle bis zu einem Alter von 6 Jahren keine Retrusion der Maxilla im Verhältnis zur Mandibula aufwiesen und mit 10-12 Jahren nur in 2 von 29 Fällen ein anteriorer Kreuzbiss bestand. Die Notwendigkeit einer kieferorthopädischen Behandlung zum Erreichen einer idealen Okklusion war bei der M-L-Methode wesentlich häufiger gegeben als beim konservativen Vorgehen.

2.2.2. Gaumenplastik

Die kraniofaciale Entwicklung von Spaltträgern hängt wesentlich von Art und Zeitpunkt des Spaltverschlusses ab. Die wachstumshemmende Wirkung eines frühen Gaumenspaltverschlusses aufgrund der Narbenbildung wird von vielen Autoren als erwiesen angesehen. 2004 untersuchte BÖRNGEN die Entwicklung des unverschlossenen Gaumens bei doppelseitigen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten im Milchgebiss anhand von 32 Untersuchungsmodellen und verglich diese mit einer gesunden Kontrollgruppe. Er stellte fest, dass die anteriore Zahnbogenbreite bei Spaltträgern im Mittel wesentlich geringer, die posteriore dagegen größer war als bei Gesunden. Des Weiteren war die sagittale Position der Prämaxilla großen Streuungen unterworfen, im Mittel wies sie jedoch keinen Unterschied zur Kontrollgruppe auf. Schließlich lag die Prämaxilla in der Vertikalen weiter kaudal als die lateralen Segmente.

KRAMER et al. untersuchten 1996 eine Gruppe von 130 Kindern mit ein- und doppelseitiger Lippen- und/oder Gaumenspalte von Geburt bis zum Alter von 4 Jahren. Dabei wurde in 49 Fällen (Gruppe 2) nur der weiche Gaumen und in 40 Fällen (Gruppe 3) zusätzlich der harte Gaumen chirurgisch verschlossen. Der Eingriff erfolgte im Alter zwischen 9 und 20 Monaten. Im Ergebnis stellten sie fest, dass die Höhe des Gaumens mit 4 Jahren bei Gruppe 2 zu der Höhe bei Geburt korrelierte, was hingegen bei Gruppe 3 nicht der Fall war. Des Weiteren schlussfolgerten sie, dass das sagittale Wachstum bei komplettem Gaumenspaltverschluss ungleichmäßig beeinflusst werde. Schließlich konnte eine veränderte Entwicklung der anterioren Gaumenbogenbreite bei Kindern mit chirurgischem Gaumenschluss gegenüber denen ohne beobachtet werden.

HONDA et al. (1995) vertraten ebenfalls die Meinung, dass die Gaumenplastik das Wachstum der Maxilla sowohl in der Transversalen als auch in der Sagittalen beeinflusse. Bei doppelseitigen Spalten bedeute dies vor allem eine Abnahme der anterioren Gaumenbogenbreite, während die posteriore unbeeinflusst bliebe. Des Weiteren sei eine Verringerung der Zahnbogenlänge durch die Posteriorbewegung der Prämaxilla nach Lippenschluss zu beobachten gewesen. In ihrer Studie analysierten sie 95 Fälle, davon 24 mit doppelseitiger Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalte vom Zeitpunkt des Lippenschlusses bis zum Alter von 4 Jahren. Der Lippenschluss erfolgte nach der Manchester Methode durchschnittlich im Alter von 4 Monaten. Zuvor wurde ein elastisches Band appliziert, um die prominente Prämaxilla anzugleichen. Der operative Gaumenverschluss wurde im Alter von 2 Jahren nach der modifizierten Wardill Methode vollzogen.

WEBB et al. überprüften 2001 die ersten Ergebnisse einer multidisziplinären Behandlungsstrategie bei 15 Patienten mit ein-(n=8) und doppelseitigen (n=7) Lippen-Kiefer-Gaumenspalten im Durchschnittsalter von 7,5 Jahren. Das Konzept umfasste einen primären simultanen Verschluss der Lippe sowie des weichen Gaumens im Alter von 4 bis 5 Monaten nach dem funktionellen Konzept von Delaire. Der Restlochverschluss des harten Gaumens sowie, wo möglich, des Processus alveolaris mittels einer Muco-Periosteoplastik erfolgte ebenfalls nach Delaire mit 12 bis 14 Monaten. Eine prächirurgische kieferorthopädische Behandlung unterblieb. Die Auswertung ergab bei 8 Patienten eine Verzahnung der Angel-Klasse I, bei 2 Patienten der Klasse II und bei 5 Patienten der Klasse III. In den meisten Fällen lag ein positiver Overbite vor, nur in 2 Fällen zeigte dieser einen negativen Betrag.

1995 stellte LISSON Untersuchungen von nach dem damaligen Hannoveraner Konzept behandelten doppelseitigen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten an. Der Lippenschluss erfolgte hier in einem Alter von 6 Monaten, bei einseitigen Spalten nach Tenisson-Randall, bei doppelseitigen zweizeitig nach Veau-Cronin. Im Alter von ca. 2 Jahren folgte die plastische Deckung des harten Gaumens nach Pichler. Der weiche Gaumen wurde mit einem Abstand von 3 bis 6 Monaten nach Widmaier verschlossen, wenn alle Zähne der ersten Dentition durchgebrochen waren. Die kieferorthopädische Frühbehandlung erfolgte in Form einer sogenannten Babyplatte zur Trennung von Mund- und Nasenhöhle. Auf diese Weise konnten die Kieferanteile in eine günstige morphologische Beziehung zueinander gebracht und die lateralen Segmente symmetrisch ausgerichtet werden. Bei 12 von 19 Patienten gelang bis zum Verschluss des Gaumens die harmonische Einordnung des medialen Anteils in den Zahnbogen. In der ersten Dentition sorgte eine Plattenapparatur für die Retention der sagittalen und transversalen Relation. Schließlich wurden bereits in der Milchgebissphase dentoalveoläre Anomalien kieferorthopädisch angegangen.

1999 untersuchten LISSON et al. in einer longitudinalen Studie die transversale skelettale Entwicklung der Maxilla bei 51 unilateralen und 34 bilateralen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Die Abformungen für die vermessenen Modelle erfolgten 1-4 Tage nach der Geburt sowie jeweils präoperativ und 1-2 Wochen nach Lippen- und vollständiger Gaumenplastik. Alle Patienten wurden nach dem Konzept der Medizinischen Hochschule Hannover wie oben beschrieben behandelt. Nach der Lippenplastik in BCLP konnten keine signifikanten Änderungen in der Transversalen ermittelt werden. Nach der Gaumenplastik jedoch fanden die Autoren eine signifikant stärkere Schwenkung der lateralen Segmente nach medial, wobei die anteriore Zahnbogenbreite eine nur geringe Abnahme aufwies. Daraus schlussfolgerten sie, dass die posteriore Zahnbogenbreite relativ zur anterioren deutlich

zugenommen hatte. Als Konsequenz empfahlen die Autoren einen frühzeitigen Beginn der kieferorthopädischen Behandlung, um die anteriore Zahnbogenbreite zu verbessern und einen dental verursachten Zwangsbiss der Mandibula sowie eine Wachstumshemmung der Maxilla zu verhindern.

Eine der wenigen Studien, die auch die vertikale Entwicklung der Kiefersegmente von Spaltträgern berücksichtigen, publizierten WADA et al. 1984. Sie untersuchten je 15 Patienten mit unilateralen und bilateralen Spalten sowie mit isolierten Gaumenspalten zum Zeitpunkt vor Lippen- und Gaumenverschluss sowie im Alter von vier Jahren, wo den Spaltträgern zusätzlich eine gesunde Kontrollgruppe gegenüber gestellt wurde. Der Lippenschluss in der BCLP-Gruppe erfolgte mit durchschnittlich 4,9 Monaten, während der Gaumen mit 19,2 Monaten gedeckt wurde. Im Ergebnis befanden die Autoren ein signifikant geringeres vertikales Wachstum bei BCLP-Patienten im Vergleich zu Gesunden. Zusätzlich war auch hier eine transversale Reduktion nach Gaumenschluss zu beobachten.

Die Entwicklung der maxillären Morphologie und der Okklusion in Patienten mit doppelseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte nach zwei unterschiedlichen Verfahren des Gaumenspaltverschlusses untersuchten MELISSARATOU und FRIEDE 2002. Bei Patienten mit „verspätetem Verschluss des harten Gaumens“ (DHPR-Gruppe, n=16) erfolgte die Deckung des weichen Gaumens mit 12 Monaten und des harten Gaumens mit etwa 8 Jahren. In der Vergleichsgruppe (EPR-Gruppe, n=12) wurden beide Eingriffe zu zwei Zeitpunkten während des ersten Lebensjahres vorgenommen. Hierbei kam für den vorderen Spaltbereich ein Vomerlappen und für den hinteren eine Push-back-Plastik zur Anwendung. Alle Auswertungen wurden anhand von Gebissmodellen vom Kindheitsalter bis zum frühen Erwachsenenalter vorgenommen. Dabei konnte ein signifikanter Unterschied der transversalen Entwicklung im Bereich der Eckzähne des Ober- und Unterkiefers sowie der oberen ersten Milchmolaren im Alter von 3 Jahren festgestellt werden, wobei die DHPR-Gruppe höhere Werte aufwies. In der Folgezeit zeigte die transversale Entwicklung der beiden Gruppen eine ähnliche Tendenz. Nur die hintere Zahnbogenbreite war bei der EPR-Gruppe etwas größer als bei den DHPR-Modellen. Die obere Zahnbogenlänge war in der frühen Milchgebissphase bei der DHPR-Gruppe geringfügig besser.

Den Zeitpunkt des Gaumenverschlusses nicht allein vom Alter abhängig zu machen, forderten BERKOWITZ et al. 2005. Sie untersuchten 242 Modelle von acht verschiedenen Institutionen in den USA und Westeuropa, die verschiedenen Behandlungsprotokollen folgten und führten separate fortlaufende Analysen von gut entwickelten Individuen mit exzellenter Ästhetik und Okklusion durch. Im Ergebnis befanden sie, dass der Zeitpunkt zum

Verschluss des Gaumens vom Verhältnis der Spaltgröße zur Gesamtoberfläche der Gaumensegmente, begrenzt vom Alveolarkamm, abhängig gemacht werden sollte. Dieses sollte zehn Prozent oder weniger betragen. Das zehn-Prozent-Stadium werde meistens im Alter zwischen 18 und 24 Monaten erreicht. Nach Meinung der Autoren gebe es mehr als eine gute Variante des palatinalen Spaltverschlusses.

2002 beschrieben PRADEL et al. ihre Vorgehensweise bei der Therapie von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Sie verschlossen im Alter von 4-6 Monaten die Lippe unter Anwendung eines Wellenschnitts nach PFEIFER. Die Wahl des Operationsverfahrens zum Verschluss des Gaumens sei nach Meinung der Autoren von individuellen Gegebenheiten wie Spaltform und -breite abhängig, da eine Diskrepanz zwischen einem möglichst frühzeitigen funktionellen Verschluss des Gaumens für eine ungestörte Sprachentwicklung und einer aus den entstehenden Narben resultierenden Wachstumsstörung bestehe. Sie führten die Gaumenplastik entweder einzeitig mit 9-12 Monaten oder zweizeitig durch Verschluss des weichen Gaumens mit 9-12 Monaten und des harten Gaumens im Alter von 2-3 Jahren durch. Hierbei erfolgte zunächst die Ablösung der nasalen und oralen Schleimhaut vom knöchernen Gaumen. Anschließend wurden die nasalen Blätter mit der Schleimhaut des Vomer vereinigt. Die palatinale Schleimhaut wurde als Brücken- oder Stiellappen in medialer Richtung verlagert und dicht verschlossen. Auf diese Weise käme es bei nur sehr wenigen Patienten zu einem unzureichenden Wachstum des Mittelgesichts.

In einer jüngst veröffentlichten Untersuchung analysierten KREY et al. (2009) die in der vorliegenden Arbeit als Vergleichsgruppe bezeichnete Population und verglichen diese mit einer gesunden Kontrollgruppe. Es wurden 32 Spaltpatienten in der Milchgebissphase dreidimensional untersucht, die nach dem weiter hinten beschriebenen Thallwitzer Konzept behandelt worden waren. Auch sie fanden eine transversale Kompression in der vorderen sowie eine Überentwicklung in der hinteren Zahnbogenbreite bei häufigerer ausgeprägter Einschwenkung des linken Seitensegments. Die Prämaxilla war deutlich weiter kaudal lokalisiert als die Seitensegmente und auch als der Inzisivuspunkt der Kontrollgruppe. Ein sagittaler Unterschied zur gesunden Kontrollgruppe war im Mittel nicht zu verzeichnen. Als Schlussfolgerung konstatierten die Autoren auch bei spätem Gaumenverschluss eine Kompression des Kiefers sowie vertikale Niveauunterschiede der Kiefersegmente. Aufgrund der großen individuellen Abweichungen befürworteten sie eine starke Individualisierung der Therapie.

2.3. Kieferorthopädische Therapie während der Milchgebissphase

Trotz prächirurgischer kieferorthopädischer Behandlung kann es nach einer Lippen- und Gaumenplastik zu Anomalien des Zahnbogens, der Okklusion sowie der Kiefergröße und -position kommen, besonders in Fällen mit inadäquater Interkuspitation zwischen Ober- und Unterkiefer. Daher liegt das kieferorthopädische Interesse während der Milchgebissphase in der Beseitigung der erzwungenen sagittalen und transversalen mandibulären Dislokation und einer damit verbundenen Koordination des Wachstums von Ober- und Unterkiefer, welches voneinander abhängig ist. Dies soll erreicht werden durch die Expansion der lateralen Segmente im Oberkiefer und die Einordnung des medialen Segments in seine korrekte Position mittels herausnehmbarer Apparaturen. Durch quer laufende Klammeranteile wird eine maximale Interkuspitation verhindert, was die Therapie des mandibulären Zwangsbisses ermöglicht. Diese Behandlung sollte innerhalb von zwei bis sechs Monaten durchgeführt werden. Die erhaltene Kieferposition wird durch die Interkuspitation von Ober- und Unterkiefer in einer Klasse-I-Verzahnung gesichert (TRÄNKMANN 1989).

Auch RYGH und TINDLUND vertraten 1982 die Meinung, dass eine transversale Erweiterung gefolgt von einer maxillären Protraktion in der Milchgebissphase durchgeführt werden sollte, um bessere Bedingungen für das Wachstum des Mittelgesichts zu erhalten. Eine korrekte Funktion der primären Inzisiven und Eckzähne sei wichtig für die Entwicklung der Maxilla, da Hypoplasie und Unterentwicklung bei Patienten mit Lippen-, Kiefer-, Gaumenspalten dem Fehlen von Wachstumsimpulsen korrekter okklusaler Kräfte geschuldet seien. Ein anteriorer und posteriorer Kreuzbiss könne Interferenzen hervor rufen, die zu Zwangsbissen führten. Die Impulse auf beide Kiefer während der Mastikation und anderer oraler Funktionen seien abnormal und verhinderten die sagittale und vertikale Entwicklung des Oberkiefers. Da das suturale Wachstum des Oberkiefers im Alter von 6-7 Jahren am aktivsten sei, sei es sinnvoll, die Maxilla zu diesem Zeitpunkt zu befreien und ein Wachstum unter normalen mastikatorischen Bedingungen zu ermöglichen. Des Weiteren werde durch die Erweiterung des kollabierten Zahnbogens der normale auswärts gerichtete Durchbruch der permanenten Zähne verbessert. Nicht zuletzt beeinflusse eine frühe Erweiterung des Zahnbogens den oberflächlichen Knochenanbau während einer Wachstumsphase positiv. Die Autoren sahen ein Alter von sechs Jahren als idealen Zeitpunkt zum Beginn der Behandlung an. Dabei wurde eine modifizierte Quad-Helix mit Bändern auf den zweiten Milchmolaren sowie den Milch-Eckzähnen verschweißt. Mesiolingual der Eckzahnbinden befanden sich Haken für die Gesichtsmaske. Zunächst erfolgte die transversale Erweiterung über einen Zeitraum von 2-3 Monaten mit 1-2 Aktivierungen in einem 5-6 Wochen-Intervall.

Danach erfolgte die Protraktion, indem die Quad-Helix mit den Inzisiven in Kontakt gebracht oder ein zusätzlicher Draht an die Apparatur angelötet wurde. Dieses Verfahren konnte zusätzlich mit der Edgewise-Technik kombiniert werden. Die Kombination mit einer Gesichtsmaske nach Delaire bot eine größere Spannweite sowie eine bessere Kontrolle der applizierten Kräfte, vor allem in vertikaler Richtung.

TINDLUND et al. berichteten 1993 über die transversale Erweiterung und deren sagittalen Effekt bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten während der Milch- und Wechselgebissphase. Bei 112 Patienten wurde ein posteriorer Kreuzbiss mittels einer modifizierten Quadhelix, die an vier Bändern befestigt wurde, überstellt. Die intercanine Erweiterung betrug 3mm pro Monat, unabhängig vom Spalttyp. In 68 Fällen wurde die Auswirkung auf die sagittale Position der Maxilla untersucht, aber keine Anteriorbewegung gefunden. Stattdessen stellte man ein Clockwise-Wachstum der Mandibula fest.

1994 untersuchte TINDLUND eine Gruppe von 72 Patienten mit unterschiedlichen Spaltbildungen, davon 17 mit BCLP, und anteriorem Kreuzbiss, der mittels einer Gesichtsmaske nach Delaire in einen akzeptablen positiven Overjet überführt worden war. Eine modifizierte Quad-Helix wurde dafür wiederum mit vier Bändern auf den Eckzähnen und den zweiten Molaren des Milchgebisses verschweißt, um eine transversale Erweiterung sowie eine Verankerung während der Protraktion zu erreichen. Der Autor verglich Individuen mit erheblicher und geringer skelettaler Entwicklung. Eine beträchtliche sagittale maxillomandibuläre Veränderung fand er in 63% der Fälle, vor allem wenn die Behandlung früh begonnen wurde. Eine erhebliche Vorwärtsbewegung der Maxilla war in 44% der Fälle feststellbar, ebenso besonders bei frühzeitig begonnener Behandlung.

Entgegen den oben genannten Autoren war VLACHOS 1996 der Meinung, dass bei funktionell bedingtem Kreuzbiss, der nicht durch okklusale Equilibrierung auszugleichen ist, durchaus eine kieferorthopädische Bewegung der Zähne während der Milchgebissphase notwendig sein kann.

3. Fragestellung

Wie in der Literaturübersicht gezeigt werden konnte, existieren zahlreiche Untersuchungen zur morphologischen Entwicklung doppelseitiger, vollständiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Diese haben zum Ziel, detaillierte Erkenntnisse zur optimalen Vorgehensweise bei der Therapie dieser Fehlbildungen zu erlangen. Dennoch bestehen gegenwärtig noch immer unterschiedliche Auffassungen, vor allem bezüglich des Operationszeitpunktes. Viele Studien beschränken sich zudem auf die Analyse der transversalen und sagittalen Dimension, während Veränderungen in der Vertikalen unberücksichtigt bleiben.

In der vorliegenden Arbeit sollen die Ergebnisse zweier verschiedener Behandlungskonzepte mit frühem und spätem Gaumenspaltverschluss gegenübergestellt und miteinander verglichen werden. Der Untersuchungszeitpunkt lag in der Milchgebissphase, was in der Untersuchungsgruppe der postoperativen Situation entsprach, während in der Vergleichsgruppe die Gaumenspalte noch ungedeckt war. Zudem sollen mögliche Unterschiede aufgrund des ein- beziehungsweise zweizeitigen Verschlusses der Lippenspalte aufgezeigt werden sowie ein Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe erfolgen. Dabei soll vor allem die Situation in vertikaler Dimension Beachtung finden und folgende Fragestellungen beantwortet werden:

1. Welche Aussagen lassen sich in der Milchgebissphase bezüglich der vertikalen Lage der Prämaxilla sowie der Seitensegmente beim Vergleich zweier verschiedener Therapieformen treffen? Ist eine Rotation der einzelnen Segmente erkennbar?
2. Sind Vor- und Nachteile eines frühen beziehungsweise späten Gaumenspaltverschlusses zu erkennen?
3. Sind Mittellinienabweichungen feststellbar?
4. Welche Unterschiede oder Gemeinsamkeiten bestehen im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe insbesondere in der vertikalen Ebene?

4. Material und Methode

4.1. Patientengruppen

4.1.1. Untersuchungsgruppe

Die Untersuchungsgruppe bestand aus 16 Patienten der Jahrgänge 1995-2003 mit vollständiger doppelseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte in der Milchgebissphase. Von ihnen waren fünf weiblich und elf männlich. Das Durchschnittsalter betrug zum Untersuchungszeitpunkt 4 Jahre und 2 Monate. Keiner der Probanden wies zusätzliche Fehlbildungen auf. Alle Patienten wurden von Geburt an am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Leipzig nach dem gleichen kieferorthopädischen und kieferchirurgischen Prinzip betreut.

Die kieferorthopädische Frühbehandlung erfolgte mittels einer modifizierten Gaumenplatte nach HOTZ, die bis zum Zeitpunkt des Gaumenspaltverschlusses regelmäßig angepasst und erneuert wurde. Nach der Deckung des Gaumens bis zum Untersuchungszeitpunkt erfolgte keine weitere kieferorthopädische Therapie.

Die chirurgische Therapie begann mit dem Verschluss der Lippe im durchschnittlichen Alter von fünf Monaten. Dieser beinhaltete die Bildung des Nasenbodens sowie eine primäre Rhinoplastik. Dabei wurde nach den Prinzipien von DELAIRE (1978) die funktionelle Matrix subperiostal bis zum Nasenknöchel und der zygomaticomaxillären Suture abgelöst, sodass der transversale Teil des M. nasalis einschließlich M. levator labii superioris sowie der obere Teil des M. orbicularis oris am Nasenseptum befestigt werden konnten. Auf diese Weise wurde eine Verbindung zwischen primärem und sekundärem Wachstumszentrum geschaffen, was für das Mittelgesichtswachstum von Bedeutung ist. Die Deckung des harten und weichen Gaumens erfolgte schließlich im Alter zwischen 10 und 14 Monaten in einer Operation nach VON LANGENBECK oder VEAU in Kombination mit einer komplett intravelaren Muskelplastik, während der sowohl der kraniale als auch der kaudale velare Muskelring vereinigt wurden (HEMPRICH et al. 2006).

Zur Vermessung dienten Hartgipsmodelle, die aus während der Kontrollsitzen gewonnenen Alginatabformungen hergestellt worden waren. Bedingung für die Einbeziehung in die Untersuchung war das Vorhandensein eines vollständigen Milchgebisses sowie die gute Qualität der Modelle, auf denen alle anatomischen Messpunkte eindeutig erkennbar sein mussten. Alle ausgewählten Modelle wurden zweimal vom selben Untersucher vermessen.

Tabelle 1 zeigt die Anzahl der Patienten und das jeweilige Durchschnittsalter zum Zeitpunkt des Lippen- und Gaumenspaltverschlusses.

Tabelle 1: Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt des Lippen- und Gaumenspaltverschlusses.

	Patientenanzahl	Durchschnittsalter Lippen-OP	Durchschnittsalter Gaumen-OP
Gesamt	16	4,9 Monate	11,5 Monate
weiblich	5	5 Monate	11,6 Monate
männlich	11	4,9 Monate	11,4 Monate

4.1.2. Vergleichsgruppe

Die Vergleichsgruppe bestand aus 21 Patienten mit vollständiger doppelseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte der ehemaligen Klinik für Plastische und Wiederherstellende Kiefer- und Gesichtschirurgie „Wolfgang Rosenthal“ in Thallwitz. Es handelte sich um Patienten der Jahrgänge 1960 bis 1969 während der Milchgebissphase. Davon waren zwölf weiblich und neun männlich. Das Durchschnittsalter zum Untersuchungszeitpunkt betrug 4 Jahre und 8 Monate. Bis auf eine Patientin mit beidseitiger Ohrmuscheldeformierung wiesen die untersuchten Personen keinerlei zusätzliche Fehlbildungen auf.

Auch diese Patienten wurden alle nach dem gleichen kieferorthopädischen und kieferchirurgischen Konzept behandelt. Dieses sah bei doppelseitigen durchgehenden Spalten mit vorspringender Prämaxilla zunächst eine präoperative kieferorthopädische Behandlung nach McNeil zur Einordnung der Prämaxilla sowie der seitlichen Segmente vor (BAUER et al. 1975). Von den in der vorliegenden Untersuchung analysierten 21 Patienten erhielt jedoch keiner eine solche kieferorthopädische Behandlung.

Die anschließende chirurgische Therapie begann mit dem ein- oder zweizeitigen Verschluss der Lippenspalte im Alter von 4-6 Monaten. Wie in Tabelle 2 ersichtlich, erfolgte der Verschluss der Lippe in der Vergleichsgruppe bis auf eine Ausnahme zweizeitig, wobei das

Durchschnittsalter zum Zeitpunkt des Verschlusses der zweiten Seite über sechs Monaten lag. Beim chirurgischen Vorgehen wurde im Allgemeinen, je nach vorliegendem Spaltbefund, eine geradlinige Schnittführung gewählt. In der Vergleichsgruppe kam die Methode nach VEAU oder MILLARD sowie vereinzelt nach LE MESURIER und TENNISON zur Anwendung (HOCHSTEIN 1975, MAHN 1980). In Tabelle 2 sind die Anzahl der Patienten sowie deren durchschnittliches Alter zum Zeitpunkt des zweizeitigen Lippenspaltverschlusses dargestellt.

Tabelle 2: Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt des Lippenspaltverschlusses.

	Patientenanzahl	OP-Zeitpunkt 1.Seite	OP-Zeitpunkt 2.Seite
Gesamtzahl	21	5,6 Monate	7,8 Monate
1. rechts/2. links	11	5,9 Monate	8,4 Monate
1. links/2. rechts	8	4,1 Monate	6,8 Monate
beidseitig	1	12 Monate	12 Monate
Fehlende Daten	1		
weiblich	12	5,8 Monate	8,4 Monate
männlich	9	5,3 Monate	7 Monate

Im weiteren Therapieverlauf sah das Konzept bei Spalten bis 12 mm Breite eine Segelplastik nach SCHWECKENDIEK im Alter von 9 Monaten vor, um bereits vor dem Sprechbeginn ein funktionstüchtiges Velum zu schaffen. Der restliche Gaumen blieb zunächst unberührt. In der Vergleichsgruppe wurde dieses Verfahren nur bei zwei Patienten im Alter von 13 Monaten durchgeführt. Beim Großteil der Patienten erfolgte der Verschluss des Velums jedoch im Zuge der Kiefer- und Gaumenplastik, die für das vierte Lebensjahr vorgesehen war. Die Vergleichsgruppe wies jedoch durchgehend einen späteren Operationszeitpunkt auf, der nach dem Untersuchungszeitpunkt angesiedelt war. Der Eingriff beinhaltete eine Osteoplastik sowie bei fast allen Patienten die Kombination mit einem kranial gestielten

Pharynxklappen. Der Gaumenspaltverschluss wurde mittels eines Stiellappens durchgeführt (HOCHSTEIN 1975, MAHN 1980).

Die Vermessungsmodelle wurden kurz vor dem Verschluss der Kiefer- und Gaumenspalte gewonnen und jeweils zweimal vom selben Untersucher vermessen.

4.1.3. Kontrollgruppe

Die Kontrollgruppe bestand aus 34 gesunden Probanden ohne Spaltbildung, die sich ebenfalls in der Milchgebissphase befanden. Die Modelle wurden einer umfangreichen Sammlung der Universität Leipzig entnommen, die unter dem früheren Leiter der kieferorthopädischen und prothetischen Abteilung Prof. Dr. Rudolf Kleeberg zwischen 1949 und 1962 entstand. Patientendaten wie Alter und Geschlecht konnten den Modellen jedoch nicht mehr zugeordnet werden, auch erfolgte ihre Vermessung durch einen anderen Untersucher als die der Spaltgruppen.

4.2. Messmethode und Messgerät

4.2.1. Das Reflexmikroskop

Zur Vermessung der Modelle wurde das Reflex Mikroskop der Firma REFLEX MEASUREMENT LIMETED, Hadleigh House, Butleigh, Somerset, BA6 8SP, U.K. der Poliklinik für Kieferorthopädie und Kinderzahnheilkunde der Universität Leipzig verwendet. Dabei handelt es sich um ein stereoskopisches Mikroskop zur dreidimensionalen, berührungsfreien Vermessung, das mit einem auf 5, 10 oder 20µm Größe einstellbaren Lichtpunkt in der Mitte des Blickfeldes modifiziert wurde. Dieser Lichtpunkt dient als Markierungshilfe für die zu vermessenden Modellpunkte. Zusätzlich ist das Mikroskop mit einem Mikrocomputer verbunden. Das zu vermessende Modell wird über einen in horizontaler Richtung beweglichen Objektisch in die gewünschte Position gebracht und so die X- und Y-Koordinate des gewünschten Punktes bestimmt. Die Z-Koordinate erhält man durch Vertikalbewegung der Mikroskop-Linsen, die eine 5-, 10- und 20fache Vergrößerung ermöglichen. Durch stereoskopisches Sehen schätzt der Untersucher die Übereinstimmung der Höhe des Lichtpunktes mit der des Objektpunktes ab, weshalb bei eingeschränkter Sehfähigkeit, wie z.B. Astigmatismus, der Messfehler in dieser Achse zunimmt (DRAGE et al. 1991). Ist das Objekt in die richtige Position gebracht worden, werden nach Betätigung

eines Schalters die ermittelten Koordinaten an den angeschlossenen Computer übermittelt und gespeichert. Nach Angaben des Herstellers kann bei wiederholter Festsetzung der Punkte eine Genauigkeit von 0,05mm erreicht werden. Mittels einer speziellen C3D-Software, mit welcher sich Strecken, Winkel, Flächen und Volumina berechnen lassen, wurden schließlich die gewünschten Werte ermittelt.



Abbildung 1: Das Reflexmikroskop.

Die Einweisung in die Handhabung des Gerätes ist schnell vollzogen und besteht vor allem in der Demonstration der richtigen Einstellung des Lichtpunktes sowie in der Betonung der Notwendigkeit der sorgfältigen Einstellung des Mikroskops vor der Betätigung des Auslösers. Mit ein wenig Übung kann schnelle Vertrautheit mit dem Gerät und eine hohe Präzision erworben werden.

4.2.2. Messpunkte

Die Auswahl der Messpunkte orientierte sich an den von ASHLEY-MONTAGU 1934 und von SILLMAN 1951 definierten Referenzpunkten der Schleimhautoberfläche. Die Verwendung der Spaltpolpunkte der Prämaxilla und der Seitensegmente als Bezugspunkte ging zurück auf MAZAHARI et al. (1971).

Es wurden folgende Punkte vermessen:

- B** rechter Tuberpunkt = distalster Punkt der Alveolarkammlinie rechts
- C** linker Tuberpunkt = distalster Punkt der Alveolarkammlinie links
- M** linker Caninuspunkt = Schnittpunkt der Alveolarkammlinie mit der distalen Kante des Eckzahns links
- N** Spaltpolpunkt des linken Segments = am weitesten anterior gelegener, die Spalte begrenzender Punkt des Alveolarkamms des linken Segments
- O** linker Spaltpolpunkt der Prämaxilla = distalster, die Spalte begrenzender Punkt der Prämaxilla links
- P** Inzisivuspunkt = Schnittpunkt der Alveolarkammlinie mit der Verbindungslinie Papilla incisiva und Frenulum labiale superior
- Q** rechter Spaltpolpunkt der Prämaxilla = distalster, die Spalte begrenzender Punkt der Prämaxilla rechts
- R** Spaltpolpunkt des rechten Segments = am weitesten anterior gelegener, die Spalte begrenzender Punkt des Alveolarkamms des rechten Segments
- S** rechter Caninuspunkt = Schnittpunkt der Alveolarkammlinie mit der distalen Kante des Eckzahns rechts



Abbildung 2: Darstellung der Messpunkte.

Zusätzlich wurden folgende Punkte konstruiert:

- ML** Streckenhalbierender Punkt zwischen den Punkten B und C
- T** Streckenhalbierender Punkt zwischen den Punkten S und M

Die Punkte M2, N2, O2, P2, Q2, R2 und S2 entstanden durch Fällung des Lots vom Inzisivuspunkt, den Spaltpolpunkten sowie den Caninuspunkten auf die Strecke BC.

4.2.3. Definition der Bezugsebene

Um eine Aussage über die morphologischen Verhältnisse des Spaltkiefers in vertikaler Ebene treffen zu können, war es notwendig, Bezugspunkte zu definieren, die in allen Modellen leicht bestimmt werden konnten. Da die schädelbezügliche Registrierung, die eine Möglichkeit der Bestimmung der vertikalen Verhältnisse darstellt, nicht möglich war, wurde die horizontale Bezugsebene A konstruiert, die durch die beiden Pterygoidpunkte B und C sowie den streckenhalbierenden Punkt T der Distanz SM definiert war. Durch Fällung des Lots vom Inzisivuspunkt, den Spaltpolpunkten sowie den Caninuspunkten auf diese Ebene wurden die Punkte **S1**, **R1**, **Q1**, **P1**, **N1**, **M1** und **O1** konstruiert.

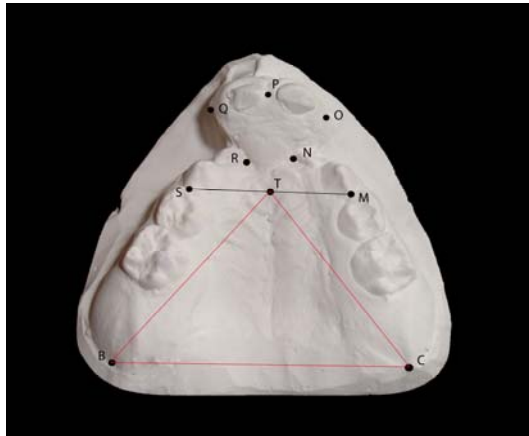


Abbildung 3: Darstellung der Bezugsebene A.

4.2.4. Definition der Strecken- und Winkelmessungen

Aus den Koordinaten der vermessenen und konstruierten Punkte wurden folgende Strecken und Winkel berechnet:

Vertikale Strecken

- **SS1** Abstand des rechtsseitigen Caninuspunktes zur Bezugsebene A
- **MM1** Abstand des linksseitigen Caninuspunktes zur Bezugsebene A
- **RR1** Abstand des Spaltpolpunktes des rechten Seitensegments zur Bezugsebene A
- **NN1** Abstand des Spaltpolpunktes des linken Seitensegments zur Bezugsebene A
- **QQ1** Abstand des rechten Spaltpolpunktes der Prämaxilla zur Bezugsebene A
- **OO1** Abstand des linken Spaltpolpunktes der Prämaxilla zur Bezugsebene A
- **PP1** Abstand des Inzisivuspunktes zur Bezugsebene A

Transversale Strecken

- **BC** Abstand der Tuberpunkte
- **SM** Abstand der Caninuspunkte
- **P2ML** Abstand zwischen dem konstruierten Punkt P2 und dem streckenhalbierenden Punkt der Pterygoiddistanz als Maß der Mittenabweichung der Prämaxilla

- **S2ML** Abstand zwischen dem konstruierten Punkt S2 und dem streckenhalbierenden Punkt der Pterygoiddistanz als Maß der Schwenkung des rechten Seitensegments nach medial
- **M2ML** Abstand zwischen dem konstruierten Punkt M2 und dem streckenhalbierenden Punkt der Pterygoiddistanz als Maß der Schwenkung des linken Seitensegments nach medial

Sagittale Strecken

- **PP2** Abstand des Inzisivuspunktes zum konstruierten Punkt P2; Zahnbogenlänge
- **SS2** Abstand des rechten Caninuspunktes zum konstruierten Punkt S2
- **MM2** Abstand des linken Caninuspunktes zum konstruierten Punkt M2
- **RQ** Abstand des Spaltpolpunktes des rechten Seitensegments zum rechten Spaltpolpunkt der Prämaxilla; rechtsseitige Spaltbreite
- **NO** Abstand des Spaltpolpunktes des linken Seitensegments zum linken Spaltpolpunkt der Prämaxilla; linksseitige Spaltbreite
- **BS** Abstand des rechten Tuberpunktes zum rechten Caninuspunkt
- **CM** Abstand des linken Tuberpunktes zum linken Caninuspunkt

Winkel

- **BCM** linker Segmentwinkel, Winkel zwischen den Strecken BC und CM als Maß für die Innenrotation des linken Seitensegments
- **CBS** rechter Segmentwinkel, Winkel zwischen den Strecken BC und BS als Maß für die Innenrotation des rechten Seitensegments

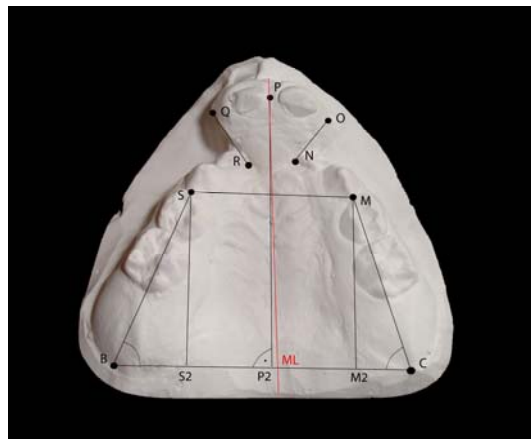


Abbildung 4: Darstellung der Strecken und Winkel.

4.2.5. Messfehlerbetrachtung

Die Vermessung eines Punktes mit Hilfe des Reflexmikroskops unterliegt verschiedenen Fehlerquellen, die bei mehrfacher Durchführung zu leicht abweichenden Ergebnissen führen können. Einerseits wird dies beeinflusst durch einen gerätebedingten Fehler, der nach Angaben des Herstellers in der X- und Y-Achse $3\mu\text{m}$ und in der Z-Achse $4\mu\text{m}$ beträgt. Ein weiterer Fehler, der beim wiederholten Aufsuchen eines markierten Punktes auftritt, ist der individuelle Fehler des Untersuchers, der laut der Firma REFLEX MEASUREMENT LIMETED für die X- und Y-Achse $2\mu\text{m}$ und für die Z-Achse $6\mu\text{m}$ beträgt (KRAUSE 2005). Schließlich ist auch die Identifikation der anatomischen Referenzpunkte auf jedem Modell ohne vorherige Markierung von Bedeutung. Um den dabei resultierenden Fehler zu ermitteln, wurden an einem Modell jeweils zehn Mal die Pterygoiddistanz sowie die vertikale Entfernung des Inzisivuspunktes zur Bezugsebene vermessen und daraus die Standardabweichung sowie der Standardfehler des Mittelwertes berechnet. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 3: Werte des individuellen Fehlers in Millimeter.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwerts	Standard- abweichung
Strecke PP1	10	0,0140	1,9750	0,7624	0,2035	0,6437
Strecke BC	10	36,3120	36,4470	36,3770	0,0147	0,0463

Die Standardabweichung, welche dem individuellen Fehler beim Aufsuchen zweier anatomischer, nicht markierter Punkte entspricht, lag bei der Pterygoiddistanz bei 0,0463mm und bei der vertikalen Distanz bei 0,6437mm. Da der Fehler in der Vertikalen größer war, ist davon auszugehen, dass die Bestimmung der Z-Koordinate eines Punktes sich schwieriger gestaltete als die der anderen Koordinaten.

Um den Gesamtfehler zu minimieren, wurden alle Modelle zweimal vermessen und hieraus der Mittelwert gebildet.

4.3. Auswertung der Messergebnisse

4.3.1. Graphische Darstellung der Messergebnisse

Die Untersuchungs- sowie die Vergleichsgruppe wurden jeweils zweimal vom selben Untersucher vermessen und die so gewonnenen C3D-Daten zunächst in eine Excel-Tabelle eingegeben. Die Modelle der Kontrollgruppe wurden ebenfalls zweimal, jedoch von einem anderen Untersucher, vermessen. Da vom Programm C3D alle Distanzen als positive Streckenwerte ausgegeben wurden, war insbesondere bei den vertikalen Messungen zunächst nicht ersichtlich, ob ein Punkt kaudal oder kranial der Bezugsebene lag. Daher wurden die Koordinaten der vermessenen Punkte, welche ebenfalls vom Programm ausgegeben wurden, in eine weitere Excel-Tabelle eingelesen. Anschließend wurde von der Z-Koordinate eines Punktes, welche der vertikalen Achse entsprach, diejenige des zugehörigen Punktes auf der Bezugsebene subtrahiert. Ergab dieses Vorgehen einen positiven Wert, konnte von einer caudalen Position des entsprechenden Punktes zur Bezugsebene ausgegangen werden. Umgekehrt bedeutete ein negatives Vorzeichen, dass ein Punkt cranial der Bezugsebene lokalisiert war. Dementsprechend erfolgte für jede vertikale Distanz die manuelle Eingabe des Vorzeichens, je nach Positionierung des Punktes. Anschließend wurden aus den zwei Datenreihen die Mittelwerte gebildet, welche für die weitere Auswertung zur Anwendung kamen. Alle Werte wurden in eine Datentabelle des Statistikprogramms SPSS 11.0 eingegeben, mit welchem zunächst jeder Parameter der einzelnen Gruppen mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung geprüft wurde. Es wurde hierbei eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,4 angenommen.

Da bei der vorliegenden Untersuchung mit relativ kleinen Stichproben gearbeitet wurde, wurde für die graphische Darstellung der Messwerte die Form eines Boxplots gewählt. Im Boxplot wird als Kennwert zur Beschreibung der zentralen Tendenz der Median verwendet, diesem entspricht die dick gedruckte Linie in der Mitte. Die Ober- bzw. Unterkante der Box markiert das obere bzw. untere Quartil, welches das zum Median gehörende Streuungsmaß darstellt. Ausreißer- und Extremwerte, die mehr als 1,5 bzw. 3 Quartilabstände von der Box entfernt liegen, werden gesondert dargestellt und mit der jeweiligen Fallnummer beschriftet. Die Antennen geben diejenigen Werte an, welche gerade noch keine Ausreißer sind. So lassen sich aus dem Boxplot auch Minimum und Maximum ablesen: entweder ist dies der letzte Ausreißer- bzw. Extremwert oder, falls ein solcher nicht vorhanden ist, das Ende der Antenne.

In Abbildung 5 wird diese Darstellungsweise am Beispiel der Strecke BC demonstriert. Auf der Y-Achse ist die Länge der Distanz BC abzulesen, auf der X-Achse sind die Patientengruppen mit der Anzahl der jeweiligen Fälle aufgeführt.

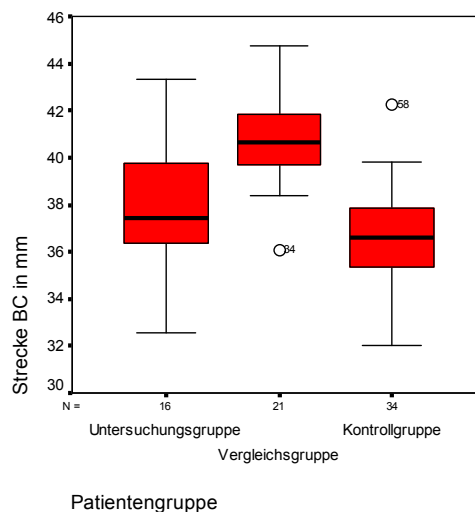


Abbildung 5: Darstellung der Kennwerte der Pterygoiddistanzen.

Es ist deutlich zu erkennen, dass BC in der Vergleichsgruppe die größten Werte aufweist. Der Median liegt hier bei etwa 41mm, während er bei der Untersuchungsgruppe um 37,5mm und in der Kontrollgruppe bei ca. 36mm angesiedelt ist. Die größte Streuung ist bei den Werten der Untersuchungsgruppe ersichtlich, bei denen die Box die größte Ausdehnung besitzt und das untere Quartil bei etwa 36mm, das obere hingegen bei ungefähr 40mm liegt. Auch die Werte, die noch nicht zu den Ausreißern gehören, besitzen bei dieser Gruppe die

größte Spanne. So beträgt der Wert des Endpunktes der unteren Antenne ca. 32mm, während der obere bei knapp 44mm liegt. Jedoch treten hier, im Gegensatz zu den anderen beiden Gruppen, keine Ausreißer- oder gar Extremwerte auf, was daran liegen mag, dass der Interquartilabstand an sich schon recht groß ist. In der Vergleichsgruppe gibt es einen Ausreißer nach unten, der etwa bei 36mm liegt und mit der Nummer 34 gekennzeichnet ist. Die Kontrollgruppe weist hingegen einen Ausreißer nach oben, die Nummer 58, auf, dessen Wert ca. 42mm beträgt.

4.3.2. Mittelwertvergleiche

Vergleich zweier unabhängiger Stichproben mittels T-Test

Zum Vergleich der Mittelwerte zweier Gruppen etwa bei Parametern, die nur bei Spaltpatienten erhoben werden konnten wie zum Beispiel die Spaltbreite, kam der sogenannte T-Test für zwei unabhängige Stichproben zur Anwendung. Hierbei wurde für den zu untersuchenden Parameter zunächst der Levene-Test durchgeführt, der die beiden Gruppen auf Gleichheit der Varianzen prüfte. Es wurde für diesen Test eine Überschreitungswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,4$ (40%) gewählt. Bei $p > \alpha$ konnte von einer Varianzgleichheit ausgegangen werden, während $p \leq \alpha$ auf eine Varianzungleichheit hinwies. Anschließend konnten im T-Test die Mittelwerte der beiden Gruppen entweder für Varianzgleichheit oder -ungleichheit verglichen werden. Für diesen Test wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ (5%) angenommen. Somit konnte bei $p \leq \alpha$ von einem signifikanten Unterschied der Mittelwerte ausgegangen werden.

Vergleich von mehr als zwei unabhängigen Stichproben

Für den Vergleich der Mittelwerte aller drei Gruppen untereinander wurde das sogenannte ANOVA (Analysis of Variance)-Verfahren gewählt. Hierbei wurden die zu untersuchenden Gruppen ebenfalls zunächst auf Varianzgleichheit mittels des Levene-Tests untersucht. Die angenommene Überschreitungswahrscheinlichkeit betrug auch hier 40%. Zusätzlich wurde in einem Globaltest ermittelt, ob es Unterschiede im gesamten Mittel gab. War dieser Globaltest trotz schlechter Varianzhomogenität signifikant, wurde für die Gruppenvergleiche der Tamhane-T2-Test verwendet, da dieser keine Varianzgleichheit voraus setzt. Bei $p > \alpha$ erfolgte der anschließende Mittelwertvergleich mittels des Tukey-Tests. In beiden Tests wurden alle möglichen Paarvergleiche innerhalb der drei Gruppen vorgenommen und wiederum eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ (5%) zugrunde gelegt.

5. Ergebnisse

5.1. Darstellung der Mediane und Quartile

5.1.1. Vertikale Distanzen

Abstand der Spaltpolpunkte der Seitensegmente zur Bezugsebene A

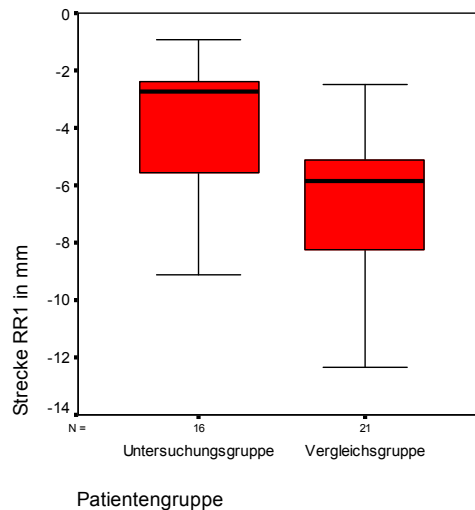


Abbildung 6: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des Spaltpolpunktes des rechten Seitensegments zur Bezugsebene A.

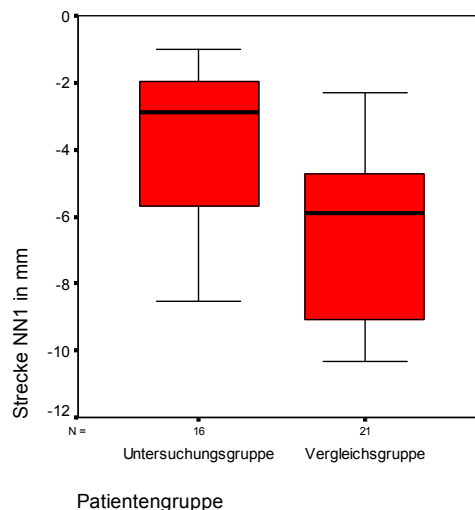


Abbildung 7: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des Spaltpolpunktes des linken Seitensegments zur Bezugsebene A.

In Abbildung 6 und Abbildung 7 sind die Mediane und Quartile des Abstandes der Spaltpolpunkte des rechten und linken Seitensegments zur Bezugsebene A dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass sich der Median in beiden Gruppen sowohl für den Spaltpolpunkt des rechten als auch für den des linken Seitensegments im negativen Bereich befand, was einer Lage der Spaltpolpunkte kranial zur Bezugsebene A entspricht. Dabei waren die Spaltpolpunkte der Vergleichsgruppe mit Medianwerten von -5,9mm auf beiden Seiten deutlich weiter kranial lokalisiert als in der Untersuchungsgruppe, wo der Median auf der rechten Seite bei -2,7mm und auf der linken bei -2,9mm lag. Der Spaltpolpunkt des linken Seitensegments befand sich also bei der Untersuchungsgruppe im Mittel 0,2mm weiter kranial als auf der rechten Seite. Die Streuung der Werte war bei beiden Gruppen rechts wie links im unteren Quartil größer als im oberen, welches in Leipzig auf der rechten Seite bei -2,3mm und in Thallwitz bei -5,0mm lag, wohingegen das untere Quartil Werte von -5,7mm beziehungsweise -8,4mm aufwies. Linksseitig betrug das obere Quartil -1,9mm in Leipzig und -4,6mm in Thallwitz und das untere -5,7mm beziehungsweise -9,1mm.

Abstand der Spaltpolpunkte der Prämaxilla zur Bezugsebene A

Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen die statistische Verteilung der Distanzen des rechten und linken Spaltpolpunktes der Prämaxilla zur Bezugsebene A.

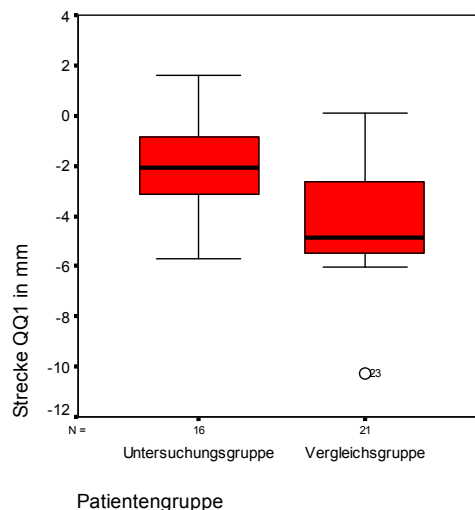


Abbildung 8: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des rechten Spaltpolpunktes der Prämaxilla zur Bezugsebene A.
o = Ausreißerwert, der mehr als 1,5 Quartilabstände von der Box entfernt liegt

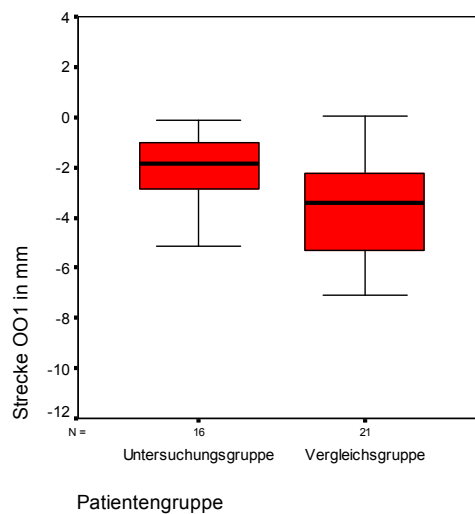


Abbildung 9: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des linken Spaltpolpunktes der Prämaxilla zur Bezugsebene A.

Auch die Spaltpolpunkte der Prämaxilla waren im Verhältnis zur Bezugsebene bei der Vergleichsgruppe deutlich weiter kranial positioniert als in der Untersuchungsgruppe. So betrug der Median der Distanz des rechten Spaltpolpunktes zur Bezugsebene -4,9mm, während er auf der linken Seite bei -3,4mm lag. Es war also eine Differenz zwischen linkem und rechtem Spaltpolpunkt von 1,5mm feststellbar, wobei er auf der rechten Seite deutlich weiter kranial lokalisiert war. Der Median der Untersuchungsgruppe wies auf der rechten Seite einen Wert von -2,1mm und auf der linken von -1,9mm auf, was auch bei dieser Gruppe eine Lage der Spaltpolpunkte kranial der Bezugsebene verdeutlichte. Wie in der Vergleichsgruppe befand sich auch in der Untersuchungsgruppe der Spaltpolpunkt der rechten Seite etwas weiter kranial als der der linken, obgleich die Differenz zwischen rechts und links nur 0,2mm betrug. In der Vergleichsgruppe war eine etwas breitere Streuung der Werte zu beobachten als in der Untersuchungsgruppe. Zusätzlich war bei der Vergleichsgruppe auf der rechten Seite ein Ausreißer nach unten zu vermerken.

Abstand des Inzisivuspunktes zur Bezugsebene A

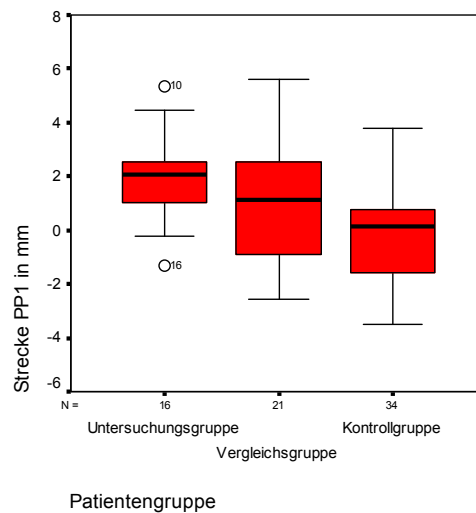


Abbildung 10: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des Inzisivuspunktes zur Bezugsebene A.

o = Ausreißerwert, der mehr als 1,5 Quartilabstände von der Box entfernt liegt

Da der Inzisivuspunkt bei allen drei Gruppen vorhanden und somit messbar war, sind in Abbildung 10 die Kennwerte sowohl der Untersuchungs- und Vergleichsgruppe als auch der Kontrollgruppe dargestellt. Auffällig war, dass die Box nur in der Untersuchungsgruppe komplett im positiven Wertebereich lag, was bedeutet, dass der Inzisivuspunkt hier fast immer kaudal der Bezugsebene positioniert war. Auch lagen die Messwerte in dieser Gruppe deutlich näher zusammen und unterlagen somit einer geringeren Streuung, was an der schmaleren Ausdehnung der Box erkennbar ist. Der Median lag jedoch bei allen drei Gruppen im positiven Bereich, wobei er sich bei der Kontrollgruppe mit einem Wert von 0,1mm sehr nah an null annäherte. Den höchsten Wert und damit die am weitesten kaudal gelegenen Inzisivuspunkte wies die Untersuchungsgruppe mit einem Median von 2,1mm auf, während sich die Vergleichsgruppe mit 1,2mm zwischen den zwei anderen einordnete. Hier war jedoch auch die breiteste Streuung der Werte erkennbar. Die Untersuchungsgruppe wies je einen Ausreißer nach oben sowie nach unten auf.

Abstand der Caninuspunkte zur Bezugsebene A

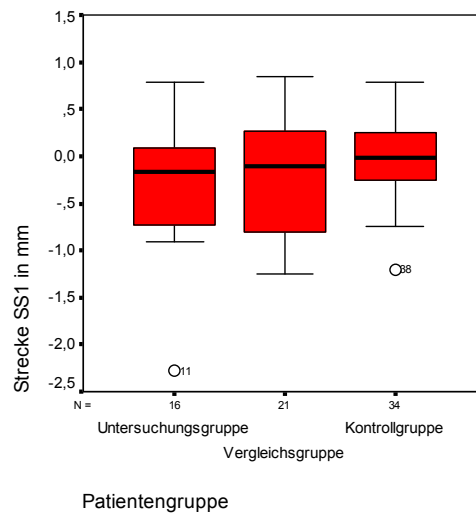


Abbildung 11: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des rechten Caninuspunktes zur Bezugsebene A.
o = Ausreißerwert, der mehr als 1,5 Quartilabstände von der Box entfernt liegt

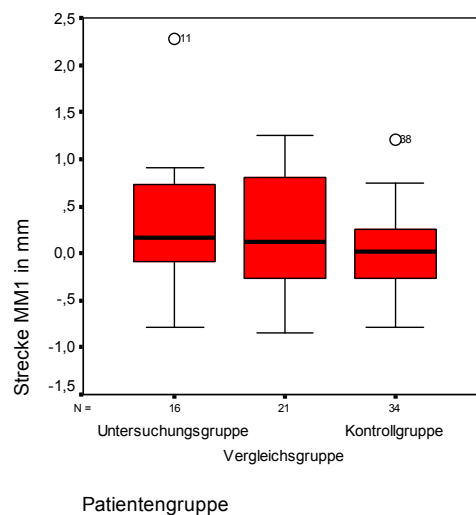


Abbildung 12: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des linken Caninuspunktes zur Bezugsebene A.
o = Ausreißerwert, der mehr als 1,5 Quartilabstände von der Box entfernt liegt

Auch die Caninuspunkte waren in allen drei Gruppen auffindbar. Ihr Abstand zur Bezugsebene A ist in Abbildung 11 und Abbildung 12 dargestellt. Die Streuung der Werte in der gesunden Kontrollgruppe war dabei wesentlich geringer als in den zwei anderen Gruppen, was in der Darstellung einer schmaleren Box entspricht. Die Werte der Vergleichsgruppe aus Thallwitz unterlagen der größten Streuung. Der Median der Distanzen des rechten Caninuspunktes zur Bezugsebene lag bei allen drei Gruppen im leicht negativen Bereich, entsprach also einer etwas kranialwärts gerichteten Position der Punkte, wobei die Untersuchungsgruppe mit einem durchschnittlichen Wert von -0,2mm am weitesten von der Bezugsebene entfernt lag, während sich die Caninuspunkte der Kontrollgruppe mit im Mittel -0,02mm nahezu auf der Bezugsebene befanden. Der Median der Vergleichsgruppe reihte sich mit -0,1mm zwischen den anderen zwei Gruppen ein. Auf der linken Seite entsprachen die Werte denen der rechten Seite nur mit verändertem Vorzeichen. So betrug der Median der Leipziger Gruppe 0,2mm, der Thallwitzer 0,1mm und der Kleeberger 0,02mm, womit auch auf dieser Seite der Caninuspunkt der Kontrollgruppe der Bezugsebene am nächsten war, sich diesmal jedoch kaudal von dieser befand. Je ein Ausreißer trat in der Leipziger und Kleeberger Gruppe linksseitig nach oben sowie rechtsseitig nach unten auf.

5.1.2. Transversale Distanzen

Der Pterygoidabstand

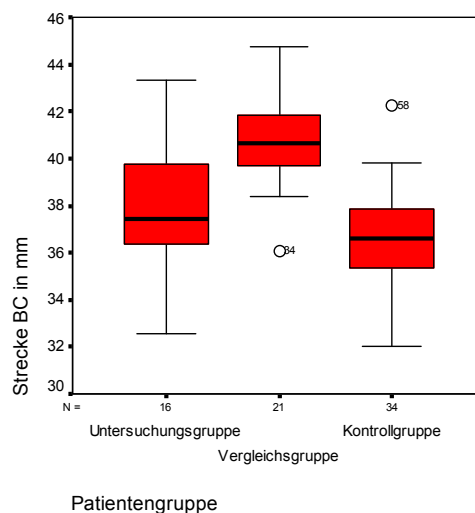


Abbildung 13: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum des Abstandes der Pterygoidpunkte zueinander.

o = Ausreißerwert, der mehr als 1,5 Quartilabstände von der Box entfernt liegt

In Abbildung 13 sind die Mediane der Pterygoiddistanzen der drei Gruppen dargestellt. Es wird deutlich, dass die Vergleichsgruppe mit einem Wert von 40,7mm im Mittel einen deutlich größeren Pterygoidabstand aufwies als die Untersuchungsgruppe mit 37,4mm und die gesunde Kontrollgruppe mit 36,6mm. Somit betrug der Unterschied zwischen Vergleichs- und Kontrollgruppe im Mittel 4,1mm. Des Weiteren war bei der Leipziger Gruppe eine etwas breitere Streuung der Werte zu beobachten als in den anderen zwei Gruppen. Je ein Ausreißer trat in Thallwitz unterhalb der Box sowie in der Kontrollgruppe darüber auf.

Die vordere Zahnbogenbreite

Abbildung 14 zeigt die statistische Verteilung der Werte der vorderen Zahnbogenbreite in den drei Gruppen.

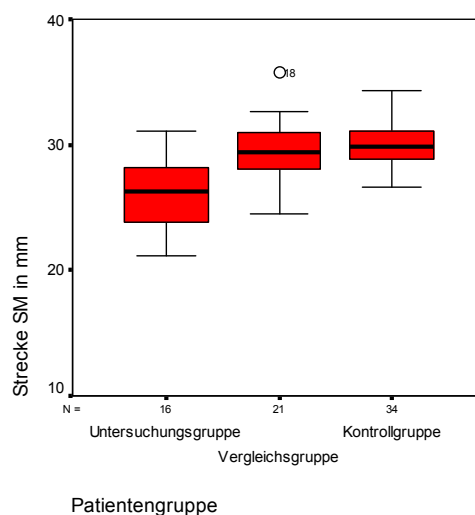


Abbildung 14: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der vorderen Zahnbogenbreite.

Es ist ersichtlich, dass die vordere Zahnbogenbreite der Leipziger Probanden im Vergleich zu den anderen zwei Gruppen eine wesentlich geringere Ausdehnung aufwies. So betrug der Median hier nur 26,2mm im Gegensatz zu Thallwitz mit 29,4mm und Kleeberg, welches mit 29,8mm den höchsten Wert aufwies. Vergleichs- und Kontrollgruppe lagen somit recht nah beieinander. Die größte Streuung der Messwerte war wiederum bei der Untersuchungsgruppe feststellbar. Ein Ausreißer trat oberhalb der Thallwitzer Box auf.

Abweichung des Inzisivuspunktes von der Mittellinie

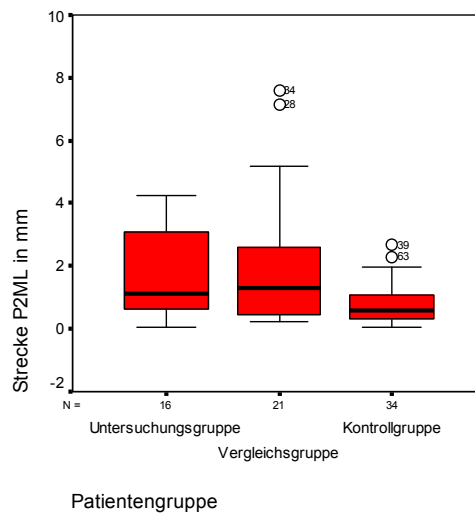


Abbildung 15: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Entfernung des Inzisivuspunktes von der Mittellinie.

Die Abweichung des Inzisivuspunktes von der Mittellinie in den drei Gruppen ist in Abbildung 15 dargestellt. Es fällt zunächst eine deutlich geringere Streuung der Werte innerhalb der Kontrollgruppe entsprechend einer schmaleren Box ins Auge. Auch war der Abstand zur Mittellinie hier im Mittel geringer als in den anderen Gruppen, was mit einem Median von 0,6mm verdeutlicht wird. Der Median der Untersuchungsgruppe betrug hingegen 1,1mm und der Vergleichsgruppe 1,3mm, womit diese die höchste Mittellinienabweichung aufwies. Je zwei Ausreißer befanden sich oberhalb der Thallwitzer sowie der Kleeberger Box.

Abstand der Caninuspunkte von der Mittellinie

In Abbildung 16 und Abbildung 17 sind die Abstände der Caninuspunkte von der Mittellinie dargestellt. Es ist offensichtlich, dass der Median der Untersuchungsgruppe sowohl links als auch rechts mit 12,7mm um einiges kleiner war als der der anderen Gruppen, bei denen jedoch die rechtsseitigen Strecken mit 15,2mm in Kleeberg und 15,5mm in Thallwitz etwas größere Beträge aufwiesen als linksseitig, wo sie nur 14,8mm beziehungsweise 15,0mm betrugen. Deutlich wird auch, dass die Messwerte von Untersuchungs- und Vergleichsgruppe auf der linken Seite einer größeren Streuung unterworfen waren, wobei bei

den Leipzigern das obere und bei den Thallwitzern das untere Quartil die größere Spanne aufwies. Rechts war je ein Ausreißer oberhalb der Kleeberger sowie unterhalb der Thallwitzer Box zu vermerken.

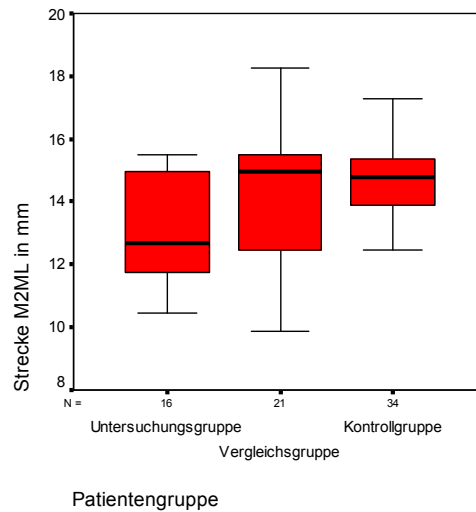


Abbildung 16: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des linken Caninuspunktes zur Mittellinie.

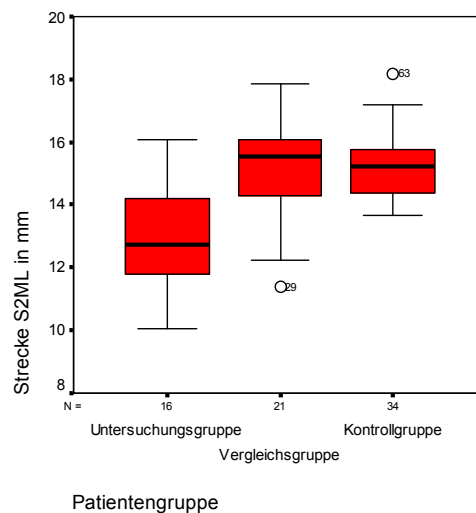


Abbildung 17: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des rechten Caninuspunktes zur Mittellinie.

5.1.3. Sagittale Distanzen

Die Zahnbogenlänge

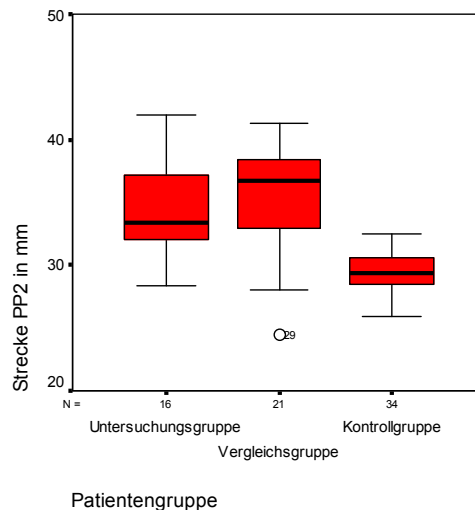


Abbildung 18: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Zahnbogenlänge.

Aus Abbildung 18, in der die Zahnbogenlänge der einzelnen Gruppen dargestellt ist, geht hervor, dass diese bei Untersuchungs- und Vergleichsgruppe bedeutend höhere Werte annahm als in der Kontrollgruppe. Mit 36,7mm war der größte Median dabei in der Thallwitzer Gruppe zu finden, gefolgt von der Leipziger mit 33,4mm. Die Kleeberger Gruppe mit einem Median von 29,4mm wies auch die geringste Streuung auf, während die Werte in Leipzig vor allem im oberen Quartil und in Thallwitz eher im unteren streuten. Bei Letzteren war außerdem ein Ausreißer unterhalb der Box zu vermerken.

Abstand der Caninuspunkte zur Tuberlinie

In Abbildung 19 und Abbildung 20 sind die Abstände der Caninuspunkte von der Verbindungslinie der Tuberpunkte dargestellt. Auch hier lagen die Werte der Kontrollgruppe im Mittel deutlich unter denen der Spaltpatienten. Rechtsseitig betrug der Median für Kleeberg 18,8mm, auf der Gegenseite war er mit 18,9mm fast ebenso groß. Die Werte der Untersuchungsgruppe lagen rechts bei 22,2mm und links bei 22,5mm. Die Thallwitzer

Ergebnisse

Gruppe wies mit 22,8mm rechts und 23,2mm links die größten Distanzen auf. Gemeinsam war allen drei Gruppen der etwas größere Abstand des linken Caninuspunktes zur Tuberinie. Bemerkenswert ist weiterhin, dass auch hier eine wesentlich breitere Streuung der Werte innerhalb der Spaltgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe vorlag, wobei vor allem linksseitig die größte Spanne in der Leipziger Gruppe zu verzeichnen war.

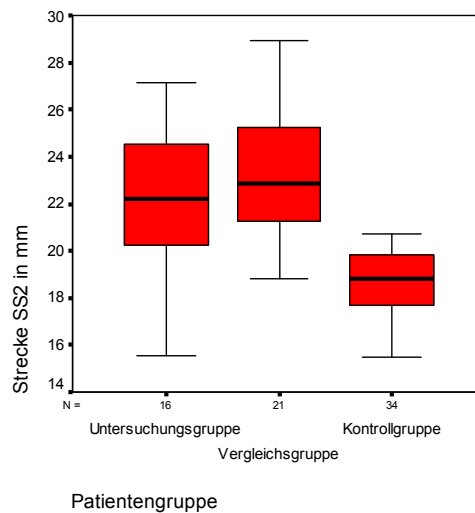


Abbildung 19: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des rechten Caninuspunktes zur Tuberebene.

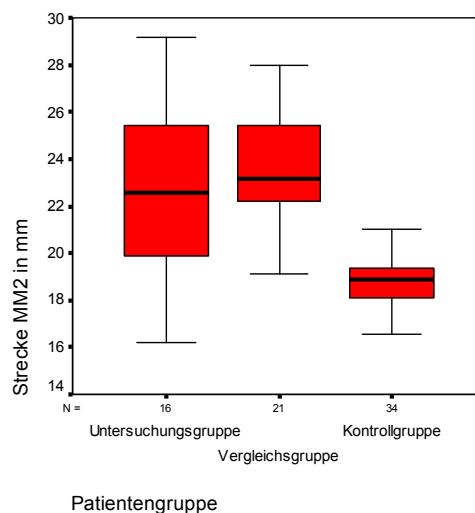


Abbildung 20: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des linken Caninuspunktes zur Tuberebene.

5.1.4. Winkel

Die Größe der Winkel zwischen rechtem beziehungsweise linkem Seitensegment und der Tuberebene ist in Abbildung 21 und Abbildung 22 dargestellt.

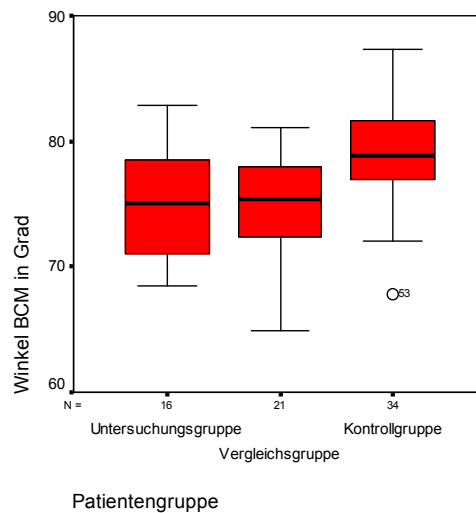


Abbildung 21: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum des linken Segmentwinkels.

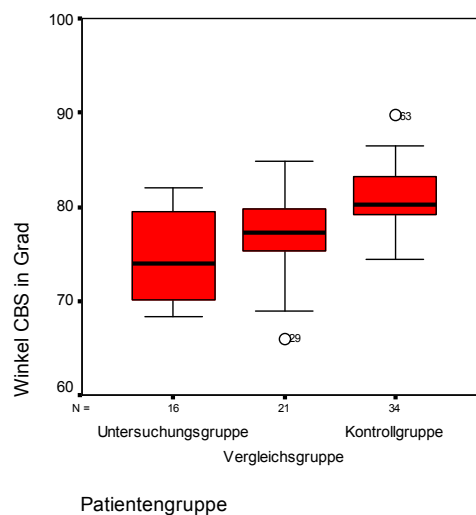


Abbildung 22: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum des rechten Segmentwinkels.

Auf beiden Seiten wies die Kontrollgruppe den höchsten und die Untersuchungsgruppe den niedrigsten Wert auf. Jedoch lagen Untersuchungs- und Vergleichsgruppe auf der linken Seite mit Medianen von 75,1 Grad und 75,4 Grad deutlich näher zusammen als auf der rechten. Hier wiesen die Leipziger einen durchschnittlichen Winkel von 74 Grad auf, während dieser in Thallwitz 77,3 Grad betrug. Es trat also links ein Unterschied zwischen beiden Gruppen von nur 0,3 Grad zutage, während rechts 3,3 Grad zu verzeichnen waren. Dieser Unterschied ist auf die Tatsache zurück zu führen, dass der Winkel in Leipzig linksseitig um 1,1 Grad größer war als auf der Gegenseite, während sich dies in Thallwitz genau umgekehrt verhielt, wo eine Differenz von 1,9 Grad auftrat. Auch in der Kleeberger Kontrollgruppe war der Winkel links mit einem Median von 78,8 Grad etwas kleiner als rechts, wo er 80,2 Grad betrug. Es bestand somit eine Abweichung von 1,4 Grad.

5.2. Mittelwertvergleich

5.2.1. Gegenüberstellung von Untersuchungs- und Vergleichsgruppe

Da nicht alle Punkte, die in den Spaltkiefern vermessen wurden, auch in der gesunden Kontrollgruppe auffindbar waren, erfolgte der Vergleich der Mittelwerte einmal zwischen Untersuchungs- und Vergleichsgruppe und in einem zweiten Verfahren zwischen allen drei Gruppen. Zunächst wurden mit Hilfe des T-Tests für zwei unabhängige Stichproben die Messwerte der Leipziger Gruppe denen der Thallwitzer gegenübergestellt und auf signifikante Unterschiede hin untersucht. Bei einer angenommenen Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ (5%) bedeutete ein $p\text{-Wert} \leq \alpha$ einen signifikanten Unterschied. Die nachfolgende Tabelle soll die Ergebnisse dieses Vergleichs verdeutlichen.

Tabelle 4: Ergebnisse des Mittelwertvergleichs mittels T-Test.

Messgröße	p-Wert
b_c	0,001*
p_p1	0,098°
s_s1	0,384
r_r1	0,001*
q_q1	0,011*
o_o1	0,006*
n_n1	0,002*
m_m1	0,383
s_m	0,001*
p_p2	0,346
p2_ml	0,43
m2_ml	0,091°
s2_ml	0,001*
b_c_m	0,996
c_b_s	0,217
b_s	0,368
c_m	0,396
r_q	0,668
n_o	0,082°
s_s2	0,269
m_m2	0,423

* = signifikanter Unterschied

° = Tendenz zu Signifikanz

Aus Tabelle 4 geht hervor, dass signifikante Unterschiede der Mittelwerte von Untersuchungs- und Vergleichsgruppe bei den vertikalen Distanzen der Spaltpolpunkte sowohl der Prämaxilla, als auch der Seitensegmente bestanden. Gleiches gilt für die Pterygoiddistanz, die vordere Zahnbogenbreite sowie den Abstand des rechten Caninuspunktes von der Mittellinie. Alle anderen Strecken wiesen keine signifikanten Unterschiede auf.

5.2.2. Vergleich der Spaltgruppen mit der Kontrollgruppe

Die in allen drei Gruppen ermittelten Parameter wurden einander mit Hilfe des ANOVA-Verfahrens für mehr als zwei Stichproben gegenübergestellt und daraus die signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Untersuchungs- und Kontrollgruppe sowie zwischen der Vergleichs- und Kontrollgruppe abgelesen. Auch hier wurde von einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$ (5%) ausgegangen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse dieses Vergleichs.

Tabelle 5: Ergebnisse des Mittelwertvergleichs mittels ANOVA.

Messgröße	p-Wert Untersuchungs-/ Kontrollgruppe	p-Wert Vergleichs-/ Kontrollgruppe
b_c	0,284	0*
p_p1	0*	0,155
s_s1	0,237	0,746
m_m1	0,236	0,745
s_m	0*	0,67
p_p2	0*	0*
p2_ml	0,075°	0,029*
m2_ml	0,006*	0,69
s2_ml	0*	0,96
b_c_m	0,007*	0,003*
c_b_s	0,001*	0,008*
s_s2	0,002*	0*
m_m2	0,004*	0*

* = signifikanter Unterschied

° = Tendenz zu Signifikanz

Signifikante Unterschiede bestanden beim Vergleich von Untersuchungs- und Kontrollgruppe in der vertikalen Distanz des Inzisivuspunktes zur Bezugsebene, bei der vorderen Zahnbogenbreite, der Zahnbogenlänge sowie den Mittellinienabständen der Caninuspunkte. Weiterhin war eine Signifikanz bei den Winkeln B_C_M und C_B_S sowie den sagittalen Abständen der Caninuspunkte von der Pterygoidlinie ablesbar.

Bei der Gegenüberstellung von Vergleichs- und Kontrollgruppe hingegen traten signifikante Unterschiede bei der Pterygoiddistanz, der Zahnbogenlänge und der Mittellinienabweichung des Inzisivuspunktes auf. Auch hier wiesen die Winkel B_C_M und C_B_S sowie die sagittalen Abstände der Caninuspunkte von der Pterygoidlinie Signifikanzen auf. Zwischen den Mittelwerten der übrigen Strecken waren keine statistisch relevanten Unterschiede feststellbar.

6. Diskussion

6.1. Diskussion der Methodik

6.1.1. Diskussion des Messverfahrens

Die Modellanalyse stellt einen wichtigen Bestandteil bei der Auswertung und Beurteilung verschiedenster Therapieformen zur Rehabilitation von Spaltpatienten dar. In der Literatur existieren zu diesem Zwecke zahlreiche Methoden, beginnend bei einfachen zweidimensionalen Verfahren bis hin zu auf modernster Technik basierenden Messungen in drei Ebenen. Die Wahl des geeigneten Analyseverfahrens ist dabei vom Einsatzgebiet abhängig (ROSENHAYN 2000). So sei für eine schnelle und zuverlässige Analyse im Rahmen der Patientenbehandlung ein zweidimensionales Vorgehen durchaus ausreichend, wohingegen für wissenschaftliches Arbeiten das präzisere dreidimensionale Verfahren zu bevorzugen sei. Diese Auffassung steht in Übereinstimmung mit den Erkenntnissen von BRAUMANN et al. (2001), die die dreidimensionale Vermessung lediglich bei Einbeziehung der vertikalen Dimension empfahlen, bei der Analyse in nahezu einer Ebene jedoch keinen verifizierbaren Informationsgewinn verzeichnen konnten. Dagegen wiesen DARVANN et al. (2007) eine größere Genauigkeit dreidimensionaler Messverfahren bei der Bestimmung des Verhältnisses von Spaltfläche zu Gaumenfläche nach. Sie ermittelten einen totalen Fehler von 15% bei Verwendung zweidimensionaler Methoden.

Der rapide technische Fortschritt führte in jüngster Zeit zu einer ständigen Weiterentwicklung im Bereich der Modellanalyse. Mit den vielfältigen Möglichkeiten der virtuellen Modellerzeugung wurde eine immer größere Bandbreite an Messverfahren entwickelt. Am häufigsten kam dabei die Modellerstellung mittels eines 3D-Laser-Scanners zur Anwendung (QUIMBY et al. 2003, ZILBERMAN et al. 2003, OOSTERKAMP et al. 2006, HOLBERG et al. 2006). Aber auch die Erstellung digitaler Modelle mit Hilfe von CT-Bildern stellt eine viel genutzte Möglichkeit dar (WANG et al. 2008, ONO et al. 1992). Schließlich findet auch die Stereophotogrammetrie zur Computer basierten Modellerzeugung in der Literatur Erwähnung (BELL et al. 2003). Mit Hilfe unterschiedlichster Software werden die so erzeugten Modelle analysiert. BELL et al. untersuchten 2003 die Verlässlichkeit solcher mittels Stereophotogrammetrie an virtuellen Modellen vorgenommener Messungen und befanden diese mit einer Abweichung von durchschnittlich 0,27mm im Vergleich zu denen am Gipsmodell für ausreichend genau. Zu dem gleichen Ergebnis kamen QUIMBY et al. (2003), die digitale Modelle mit Hilfe der OrthoCad-Software analysierten und ebenfalls mit Messungen am Gipsmodell verglichen. Sie erklärten die virtuelle Methode für genauso exakt

und verlässlich wie die konventionelle Vorgehensweise. Hingegen sahen ZILBERMAN et al. (2003), die einen Vergleich derselben Methoden wie QUIMBY et al. anstellten, eine etwas größere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit auf Seiten der Modellanalyse mittels digitalem Messschieber, dicht gefolgt von der virtuellen Methode. Erstere erschien somit geeigneter für die wissenschaftliche Arbeit, wobei auch OrthoCad klinisch akzeptable Ergebnisse zeige. Auch OOSTERKAMP et al. (2006) erachteten das virtuelle Verfahren bei Streckenmessungen zwischen real existierenden Punkten für zuverlässig. Messungen zwischen konstruierten Punkten außerhalb der Modelloberfläche seien nach Meinung der Autoren jedoch nur schlecht möglich.

Eine viel genutzte und auch in der vorliegenden Arbeit angewandte Methode zur dreidimensionalen Vermessung am Gipsmodell stellt das erstmals von SCOTT im Jahre 1982 erwähnte Reflexmikroskop dar. Er war der Meinung, diese Form der Vermessung weise eine sehr gute Reproduzierbarkeit und Genauigkeit der zu vermessenden Punkte auf, unter der Voraussetzung einer guten Tiefenwahrnehmung des Untersuchers. Das Vermessungsprinzip sei innerhalb einer Minute verstanden und nach einer Stunde Übung können ernsthafte Messungen vorgenommen werden. Zudem können die Modelle von allen Seiten betrachtet und auch Unterschnitte und Spalten eingesehen werden. Andererseits sei jedoch die Verfügbarkeit des originalen Modells für die Vermessung vonnöten, was bei anderen Methoden wie zum Beispiel der Photogrammetrie nicht der Fall sei, wo auch Fotografien der Modelle ausreichen.

Nach BRAUMANN et al. (2001) können mit dem Reflexmikroskop Punktkoordinaten sehr präzise bestimmt werden, jedoch unterläge der Messfehler großen subjektiven Einflüssen. Des Weiteren sei bei bisherigen Untersuchungen aufgrund der geringen Punktdichte ein hoher Informationsverlust zu verzeichnen. Die Präzision der Vermessung wird nach DRAGE et al. (1990) durch verschiedene Faktoren wie die Identifizierbarkeit der Messpunkte, die Exaktheit des Gerätes und die Fähigkeiten sowie die Sehschärfe des Untersuchers beeinflusst. Diese Auffassung vertrat auch KRIENS (1991), wobei dieser eine deutliche Erhöhung des Messfehlers bei der Vermessung nicht gekennzeichneten anatomischer Punkte im Vergleich zu genau markierten Punkten dokumentierte. Die von ihm ermittelte Standardabweichung lag für den Tuberabstand bei 0,087mm und war somit etwas größer als der in der vorliegenden Arbeit für dieselbe Distanz ermittelte Wert von 0,046mm. DRAGE et al. (1990) untersuchten die methodischen Fehler bei unerfahrenen Anwendern am Reflexmikroskop. Sie kamen zu dem Schluss, dass schon nach einer sehr kurzen Übungsphase ein hoher Grad an Präzision erreicht werden könne, wobei die größten Abweichungen in der Z-Achse auftreten, da die Position eines Punktes in der Tiefe schwerer

zu beurteilen sei als dessen horizontale Lage. Diese Tatsache sei bei Personen mit Astigmatismus stärker hervor getreten als bei den anderen Probanden. Überraschenderweise sei jedoch bei den initialen Messungen der Testpersonen auch der Fehler in der X-Achse signifikant größer als in der Y-Achse gewesen. Mit zunehmender Vertrautheit im Umgang mit dem Mikroskop seien die Fehler in der X- und Z-Achse jedoch merklich verringert worden, auch wenn die Probanden nicht den Präzisionsgrad eines erfahrenen Untersuchers erreichten.

Einen weiteren Vorteil des Reflexmikroskops sahen SPECULAND et al. (1988) in der Möglichkeit der kontaktfreien Vermessung eines Objektes, was die Vermessung auch instabiler Objekte ermögliche. In ihrer Studie wiesen sie nach, dass die Vermessung mittels Reflexmikroskop mit einem Operator-Vermessungsfehler von weniger als 0,15mm für lineare Strecken reproduzierbare Ergebnisse liefere. Im Gegensatz zu DRAGE et al. (1990) fanden sie jedoch keinen nachweisbaren Unterschied in der Genauigkeit der Vermessung in den drei Ebenen. Des Weiteren wiesen sie nach, dass die Verwendung der drei verschiedenen Vergrößerungsstufen keinen Einfluss auf die Präzision habe, da diese abhängig sei von der Definierbarkeit der Messpunkte. Die Wahl der Linse sei somit abhängig von der Größe des zu vermessenden Objektes, da zum Beispiel eine große Vergrößerung bei einem großen Objekt unter Umständen die Einordnung des Messpunktes erschwere.

Die Positionierung der Messpunkte ging zurück auf Untersuchungen von ASHLEY-MONTAGU (1934) und SILLMAN (1951), die typische anatomische Referenzpunkte der Schleimhautoberfläche der Maxilla definierten und diese in Beziehung zu ihrer knöchernen Unterlage setzten. Weiterhin bezeichneten sie verschiedene Distanzen zur Beschreibung von Kiefer und Gaumen. Diese Vorgehensweise bildet bis heute eine häufig angewandte Methode zur Modellanalyse. Als verlässliche anatomische Struktur wurde von beiden Autoren unter anderem der Laterale Sulcus angesehen, der die Grenze zwischen Milchzahn und erstem Milchmolaren bildet und mit Durchbruch der Zähne in die Interdentalpapille übergeht (SILLMAN). Sein Schnittpunkt mit dem Alveolarkamm stellte auch in der vorliegenden Arbeit einen wichtigen Bezugspunkt dar. Daneben wurden auch der Inzisivuspunkt sowie der Tuberpunkt von obigen Autoren beschrieben. Distanzen wie vordere und hintere Zahnbogenbreite sowie die Zahnbogenlänge fanden ebenfalls Erwähnung. ASHLEY-MONTAGU definierte darüber hinaus eine Referenzebene, die er Palatinaebene nannte und die durch den Inzisivuspunkt sowie die postginigvalen Punkte verlief. Da der Inzisivuspunkt beim Spaltpatienten jedoch häufig disloziert und somit als Bezugspunkt eher ungeeignet ist, wurde diese Ebene in der vorliegenden Arbeit leicht

abgewandelt und durch die Tuberpunkte sowie den streckenhalbierenden Punkt der Eckzahndistanz gelegt.

Die Spaltpolpunkte der Prämaxilla und der Seitensegmente wurden in Anlehnung an die von MAZAHARI et al. 1971 bei einseitigen Spalten definierten anterioren Endpunkte des großen und kleinen Segments gewählt.

SECKEL et al. untersuchten 1995 die Reproduzierbarkeit der Positionierung von Referenzpunkten am unbezahnten Spaltkiefer sowohl bei ein und demselben als auch bei verschiedenen Untersuchern. Sie fanden keinen nennenswerten Unterschied den Messfehler betreffend, was nach Meinung der Autoren den Vergleich der Ergebnisse verschiedener Studien ermögliche. Die Genauigkeit eines einzelnen Untersuchers sei bei doppelseitigen Spalten größer als bei einseitigen. Auch stellten sie fest, dass die Genauigkeit der Positionierung wesentlich von der Erfahrung des Untersuchers sowie von der Qualität der Modelle abhängen, da besonders die Tuberpunkte häufig unscharf dargestellt seien. Streckenmessungen, die die Tuberpunkte beinhalteten, seien aufgrund dessen unpräzise (WUTZL et al. 2009). Für die Vermessung der vorderen Zahnbogenbreite sahen SECKEL et al. neben den Caninuspunkten auch die erstmals von LEIGHTON (1976) beschriebenen Referenzpunkte in der gingivalen Furche am Schnittpunkt mit dem Lateralen Sulcus (Punkt Q) als geeignet an, deren wiederholte Positionierung die größte Genauigkeit unter allen untersuchten Punkten aufwies. Die zweitgrößte Genauigkeit bestand bei der Vermessung der Spaltbreite, weshalb die Autoren als Markierungspunkte für eine Referenzebene bei dreidimensionalen Messungen die Spaltpolpunkte der Prämaxilla und der Seitensegmenten als geeignet ansahen. Ihrer Meinung nach sei ein Punkt besser zu identifizieren und genauer zu repositionieren, wenn er durch zwei anatomische Strukturen definiert werde, was sich schließlich in einer Reduktion des totalen Fehlers ausdrücke. WUTZL et al., die 2009 als erste Studie BCLP-Patienten nach dem Protokoll von SECKEL et al. analysierten, sahen die Spaltpolpunkte der Prämaxilla ebenfalls als gut reproduzierbar und somit als verlässliche Punkte bei longitudinalen Wachstumsuntersuchungen an.

Bei der Positionierung der Referenzpunkte am digitalisierten Modell lagen die resultierenden Messfehler bei wiederholten Messungen in einem ähnlichen Bereich wie bei direkt am Gipsmodell vorgenommenen Untersuchungen (BRIEF et al. 2006). Auch hier traten nur sehr geringe Unterschiede zwischen einem und mehreren Untersuchern auf.

Eine weitere Quelle für Ungenauigkeiten bestand neben der Positionierung der Referenzpunkte in der Wahl der vertikalen Bezugsebene.

Für die Beurteilung der vertikalen Lage von Messpunkten sind in der Literatur verschiedene Ansätze zu finden. Eine relativ unkomplizierte Methode stellt dabei die Vermessung des Overbites im bezahnten Kiefer dar (MELISSARATOU und FRIEDE 2002). Jedoch wird diese Form der Analyse einerseits leicht durch dentale Fehlstellungen beeinflusst und lässt andererseits nur geringe Rückschlüsse auf die Position der Alveolarfortsätze beziehungsweise der Prämaxilla zu.

Eine andere Möglichkeit der Einordnung von Messpunkten in der Vertikalen stellt die Konstruktion einer Referenzebene aus konstanten anatomischen Bezugspunkten des Oberkiefers dar. Die bereits erwähnte, von ASHLEY-MONTAGU definierte, Referenzebene aus Tuberpunkten und Inzisivuspunkt ist jedoch beim Spaltpatienten aufgrund der mobilen Prämaxilla und der daraus resultierenden Dislokation des Inzisivuspunktes großen Schwankungen unterworfen. BRAUMANN et al. (2001) verwendeten als Referenzebene bei einseitigen durchgehenden Spalten die XY-Ebene, welche durch die sogenannten Basispunkte an den Foveolae palatinae sowie den oben beschriebenen Punkt Q der kontralateralen Spaltseite definiert wurde. In Anlehnung an BOERNGEN (2004) wurde in der vorliegenden Arbeit eine Referenzebene aus Tuberpunkten und dem streckenhalbierenden Punkt der Eckzahndistanz konstruiert. Da, wie zuvor bereits erwähnt, nach SECKEL et al. (1995) die Caninuspunkte recht gut reproduzierbar sind, ist die Verwendung dieser Punkte unproblematisch. Die Tuberpunkte sind jedoch häufig unscharf dargestellt, was zu Ungenauigkeiten in der Positionierung der Bezugsebene und somit zu Abweichungen in den vertikalen Messungen geführt haben könnte. Da auch der individuelle Fehler, wie in Kapitel vier beschrieben, in der vertikalen Ebene größer war als in der horizontalen, sollte die Auswertung der vertikalen Messwerte besonders kritisch erfolgen.

Nach WADA und MIYAZAKI (1975) ist es nicht möglich, anhand von Oberkiefermodellen eine dreidimensionale Vermessung vorzunehmen, da diese nicht in Bezug zu den umgebenden Strukturen erfolgen könne. Sie entwickelten daher ein maxillofaziales Modell, welches in Bezug zum Kephalogramm und somit zur Schädelbasis gesetzt werden konnte. Sie definierten eine horizontale Bezugsebene aus den beiden Tragion-Punkten und dem Mittelpunkt der Endocanthione, welcher dem Nasion entspricht. Die Autoren befanden diese Ebene als Bezugsebene für angemessen, da Gesunde und Spaltträger keine Unterschiede in den betreffenden fazialen Regionen aufwiesen. Durch eine spezielle Abformung des Oberkiefers sowie des fazialen Teils oberhalb der Maxilla mit Hilfe eines Gesichtsbogens war es möglich, diese Ebene auf das resultierende Gipsmodell zu übertragen und so schädelbezügliche Messungen vorzunehmen.

BACHER et al. (1998) gingen in ähnlicher Weise vor, indem sie sowohl die Maxilla als auch die Region der Augen, Ohren und der oberen Nase abformten und anschließend ein Gipsmodell dieser Konturen erstellten. Dieses Modell wurde digitalisiert und über spezielle Software die bereits von WADA und MIYAZAKI beschriebene Bezugsebene virtuell erstellt, anhand derer alle weiteren Messungen vorgenommen wurden.

6.1.2. Diskussion des Untersuchungsmaterials

Der Stichprobenumfang der in der vorliegenden Studie untersuchten drei Gruppen war recht gering, was einerseits an der geringen Prävalenz doppelseitiger vollständiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalten lag, die unter den oralen Spaltbildungen die seltenste Form darstellen. Andererseits war dies den zugrunde gelegten Auswahlkriterien für die Modelle geschuldet. Es wurden nur solche Modelle verwendet, die keine Verzerrungen aufwiesen und auf denen die anatomischen Messpunkte eindeutig erkennbar waren. Zudem wurden nur Patienten in der Milchgebissphase in die Untersuchung einbezogen, bei denen noch keine permanenten Zähne durchgebrochen waren. Während für die Untersuchungs- und Vergleichsgruppe alle Patientendaten wie Alter und Geschlecht bekannt waren, fehlten diese Informationen bei der gesunden Kontrollgruppe, was eine genaue Angabe des Durchschnittsalters sowie eine Aufgliederung in Mädchen und Jungen unmöglich machte. Eine geschlechtsspezifische Unterteilung der Ergebnisse unterblieb jedoch aufgrund des geringen Stichprobenumfangs ohnehin, der in der Untersuchungsgruppe 16 Probanden, in der Vergleichsgruppe 21 Probanden und in der Kontrollgruppe 34 Probanden umfasste. Alle Patienten der Spaltgruppen wiesen vollständige beidseitige Lippen-Kiefer-Gaumenspalten auf, besaßen aber darüberhinaus bis auf eine Patientin der Vergleichsgruppe mit beidseitiger Ohrmuscheldeformierung keine weiteren Fehlbildungen.

Um genauere Werte zu erhalten, wurden alle drei Gruppen jeweils zweimal vermessen. Dabei erfolgte die Vermessung der Kontrollgruppe durch einen anderen Untersucher als die der Spaltgruppen, was zu leichten Abweichungen in der Positionierung der Messpunkte geführt haben könnte, jedoch nach SECKEL et al. (1995) nur minimale Unterschiede in der Reproduzierbarkeit nach sich zieht.

6.2. Diskussion der Ergebnisse

6.2.1. Diskussion der vertikalen Distanzen

Die Auswertung der vertikalen Lage des Inzisivuspunktes zeigte deutliche Unterschiede zwischen den drei Gruppen. So nahmen die Werte der Untersuchungsgruppe, die nahezu alle im positiven Bereich lagen, die größten Beträge an, was klinisch der am weitesten kaudal der Bezugsebene lokalisierten Prämaxilla entspricht. Folglich wies diese Gruppe auch den größten Median auf, gefolgt von der Vergleichsgruppe, in welcher der Inzisivuspunkt größtenteils ebenfalls kaudal der Bezugsebene, jedoch in geringerem Abstand zu dieser lokalisiert war. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit den von KREY et al. (2009) gemachten Untersuchungen. Hier war der Inzisivuspunkt ebenfalls kaudal der Bezugsebene lokalisiert, wies jedoch mit 0,5mm einen geringeren Median auf als in der vorliegenden Studie, wo dieser 1,2mm betrug. Des Weiteren lag in der Vergleichsgruppe die größte Streuung der Werte vor, wohingegen in der Untersuchungsgruppe, obgleich sie die kleinste Stichprobe stellte, die geringste Wertespanne zu beobachten war. Die Inzisivuspunkte der Kontrollgruppe befanden sich sowohl kaudal als auch kranial der Bezugsebene und wiesen zudem den geringsten Abstand zu dieser auf. Der Median lag hier gerade noch im positiven Bereich und somit kaudal der Bezugsebene. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu den Ergebnissen von KREY et al. (2009), welche in der gesunden Kontrollgruppe einen im Mittel kranial der Bezugsebene lokalisierten Inzisivuspunkt feststellen konnten. Dies führte zu einem signifikanten Unterschied zwischen den zwei Gruppen, was in der vorliegenden Arbeit nicht der Fall war. Eine Signifikanz war hier lediglich zwischen der Untersuchungs- und der Kontrollgruppe nachweisbar, wo die Lage des Inzisivuspunktes um 2mm differierte. Klinisch bedeutet dies, dass die Prämaxilla der Untersuchungsgruppe im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe eine deutliche Schwenkung nach kaudal aufwies. Verglichen mit den Ergebnissen von KRAUSE (2005) zum Zeitpunkt des Gaumenspaltverschlusses, als der Abstand zur Bezugsebene noch 4mm betrug, war jedoch eine Annäherung des Inzisivuspunktes an selbige erkennbar. Der Unterschied zwischen Untersuchungs- und Vergleichsgruppe war daher nicht signifikant, wies jedoch eine Tendenz zur Signifikanz auf. Auch WADA et al. (1984) analysierten das vertikale Wachstum der Alveolarfortsätze bei BCLP-Patienten im Alter von vier Jahren im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe. Sie verwendeten hierfür allerdings, wie im vorangehenden Kapitel beschrieben, eine schädelbezügliche Referenzebene und stellten fest, dass im Alter von vier Jahren der Kiefer der gesunden Kontrollgruppe signifikant mehr Höhenwachstum aufwies. Das heißt, die Alveolarfortsätze und somit auch der Inzisivuspunkt befanden sich deutlich weiter kaudal der

Bezugsebene als die der BCLP-Gruppe. In der vorliegenden Untersuchung wies jedoch der Inzisivuspunkt der Untersuchungsgruppe die am weitesten kaudal der Bezugsebene gelegene Position auf. Diese Unterschiede veranschaulichen die Bedeutung der Positionierung der Bezugsebene. Ist diese, wie in der vorliegenden Arbeit, durch Punkte des Alveolarfortsatzes definiert, lassen sich nur Rückschlüsse auf die Position der einzelnen Kiefersegmente zueinander, nicht jedoch auf deren Lage zum gesamten Schädel ziehen. So lag die Prämaxilla der Untersuchungsgruppe zwar deutlich weiter kaudal als die Seitensegmente, es ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Kieferkämme insgesamt im Verhältnis zur Schädelbasis weiter kranial befanden und somit ein geringeres Höhenwachstum aufwiesen als dies bei der gesunden Kontrollgruppe der Fall war.

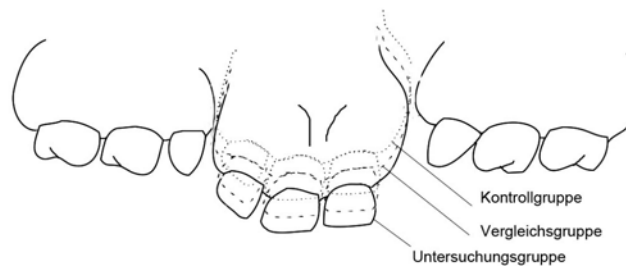


Abbildung 23: Schematische Darstellung der vertikalen Abstände des Inzisivuspunktes zur Bezugsebene.

Anders als der Inzisivuspunkt waren die Spaltpolpunkte der Prämaxilla beider Gruppen kranial der Bezugsebene positioniert, was sich in negativen Streckenwerten ausdrückte. Diese wiesen bei der Vergleichsgruppe sowohl rechts als auch links einen signifikant höheren Betrag auf als in der Untersuchungsgruppe, woraus sich schließen lässt, dass die Segmentenden in der Vergleichsgruppe weiter nach kranial rotiert waren als dies in der Untersuchungsgruppe der Fall war. Ein alleiniger Höhenunterschied der Prämaxilla als Ursache ist unwahrscheinlich, da wie oben beschrieben der Inzisivuspunkt beider Gruppen weniger differierte als die Spaltpole. Diese Entwicklung ist vermutlich auf den späten Verschluss des Gaumens zurück zu führen, der ein ungehindertes Kollabieren der Segmentenden ermöglichte. Im Seitenvergleich fiel auf, dass der Spaltpolpunkt der rechten Seite vor allem in der Vergleichsgruppe deutlich weiter kranial positioniert war als auf der linken Seite. Es bestand hier eine Abweichung von 1,5mm, während es in der Untersuchungsgruppe nur 0,2mm waren, was bedeuten könnte, dass die Prämaxilla der

Vergleichsgruppe mit der rechten Seite nach kranial rotiert war. Diese Tatsache wird auch bei Betrachtung der Spaltbreite offenbar, die in der Vergleichsgruppe linksseitig deutlich, wenn auch nicht signifikant größer war als auf der rechten Seite. Da die Spaltpolpunkte der Seitensegmente noch weiter kranial lagen als die der Prämaxilla, bestand somit linksseitig ein größerer vertikaler Abstand zwischen den Spaltpolen, der die Abweichung in der Spaltbreite erklärt. Ein Grund hierfür könnte im zweizeitigen Verschluss der Lippe liegen, der bei 11 Patienten zuerst rechtsseitig und bei 8 Patienten zuerst linksseitig erfolgte. Um dies zu verifizieren, müsste jedoch noch einmal eine getrennte Untersuchung dieser beider Gruppen erfolgen. KREY et al. (2009), die ebenfalls die in unserer Studie als Vergleichsgruppe bezeichnete Population untersuchten, konnten hingegen keine wesentlichen Unterschiede in der vertikalen Position der Spaltpolpunkte der Prämaxilla feststellen. Die Ursache hierfür lag möglicherweise in der geringen Fallzahl beider Studien und darin, dass in der vorliegenden Arbeit die Mehrheit der Patienten zuerst rechtsseitig operiert wurde, was sich bei KREY et al. nicht nachvollziehen ließ.

Die Spaltpolpunkte der Seitensegmente waren im Vergleich zu denen der Prämaxilla noch weiter kranial der Bezugsebene positioniert, wobei auch hier die Abstände zu derselben in der Vergleichsgruppe wesentlich größer waren als in der Untersuchungsgruppe, was signifikant nachgewiesen wurde. Dies lässt vermuten, dass die Segmentenden der Vergleichsgruppe stärker nach kranial kollabiert waren als die der Untersuchungsgruppe, was seine Ursache im verspäteten Verschluss des Gaumens haben könnte. Jedoch war im Seitenvergleich bei der Vergleichsgruppe diesmal kein Unterschied feststellbar, was in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von KREY et al. (2009) steht. Die Untersuchungsgruppe wies wiederum eine minimale Differenz von 0,2mm auf, wobei der rechte Spaltpolpunkt weiter kaudal positioniert war. In beiden Gruppen befanden sich die Spaltpolpunkte der Seitensegmente jedoch signifikant weiter kranial als die der Prämaxilla. Auch diese Abweichung, welche ebenfalls durch KREY et al. (2009) nachgewiesen wurde, war bei der Vergleichsgruppe mit bis zu 2,5mm deutlicher ausgeprägt als bei der Untersuchungsgruppe, wo die größte Differenz zwischen Prämaxilla und Seitensegmenten 1,0mm betrug. Verglichen mit den Ergebnissen von KRAUSE (2005) zur Situation im 11. Lebensmonat war in der Vergleichsgruppe eine deutliche Zunahme der kranialen Schwenkung der Segmentenden zu verzeichnen, während sich diese in der Untersuchungsgruppe sogar leicht an die Bezugsebene annäherten.

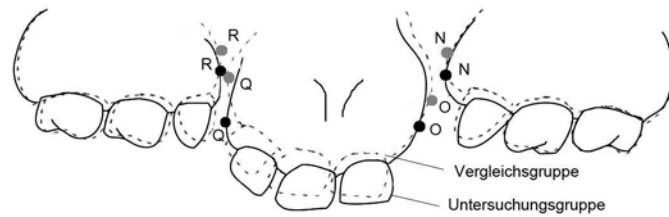


Abbildung 24: Schematische Darstellung der vertikalen Position der Spaltpolpunkte.

Der Abstand der Caninuspunkte zur Bezugsebene war wiederum in allen drei Gruppen messbar, was den Vergleich mit der gesunden Kontrollgruppe ermöglichte. Die Mittelwerte der rechtsseitigen Caninuspunkte nahmen bei allen Gruppen leicht negative Werte an, was einer etwas kranialen Position zur Bezugsebene entspricht. Der größte Abstand war dabei in der Untersuchungsgruppe mit -0,2mm ersichtlich, der kleinste in der Kontrollgruppe, wo sich die Punkte nahezu auf der Bezugsebene befanden. Genauso verhielt es sich auf der Gegenseite, wo die Caninuspunkte dieselbe Entfernung zur Bezugsebene aufwiesen, jedoch kaudal von ihr lokalisiert waren. Da in der Untersuchungsgruppe die größten Beträge auftraten, wenngleich diese nicht signifikant von denen der anderen Gruppen abwichen, lässt diese Tatsache den Rückschluss zu, dass die Seitensegmente hier in der Vertikalen am stärksten voneinander abwichen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei der Untersuchungsgruppe sowohl die Prämaxilla als auch die Spaltpole der Seitensegmente im Verhältnis zur horizontalen Bezugsebene deutlich weiter kaudal lokalisiert waren als in der Vergleichsgruppe. Die vertikale Lage der Caninuspunkte dagegen zeigte nur minimale Unterschiede von 0,1mm je Seite, welche auf eine vernachlässigbar größere vertikale Abweichung der Seitensegmente zueinander bei der Untersuchungsgruppe hindeuten. Im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe waren die Differenzen bei den Eckzahnpunkten ebenfalls verschwindend gering, wobei diese in der Kontrollgruppe nahezu auf der Bezugsebene lagen. Der Inzisivuspunkt der Kontrollgruppe war dagegen signifikant weiter kranial positioniert als in der Untersuchungsgruppe. Die Vergleichsgruppe ordnete sich dazwischen ein.

Ein Grund für die recht weit kaudal positionierte Prämaxilla der Untersuchungsgruppe könnte in der prächirurgischen kieferorthopädischen Behandlung liegen, wodurch die Prämaxilla zu einem Wachstum nach posterior und inferior angeregt werden sollte. Da in der Vergleichsgruppe eine derartige Vorbehandlung unterblieb, ließe sich so die weiter kranial

positionierte Lage der Prämaxilla erklären. Dem widerspricht die von ANASTASSOV und JOOS 2001 erhobene Studie, in der sie ihre funktionelle Therapiemethode ohne kieferorthopädische Vorbehandlung mit dem konventionellen Verfahren nach MILLARD verglichen, welches eine solche Vorbehandlung sowie einen verspäteten Gaumenspaltverschluss mit 2,5 Jahren beinhaltete. Sie fanden in der nach ihrem Verfahren behandelten Gruppe einen positiven Overbite von 2,1mm, während dieser in der konventionellen Gruppe nur 0,1mm betrug, wo des Weiteren in 40% der Fälle ein skelettal offener Biss und bei 67% eine horizontale und vertikale Hypoplasie der Maxilla zu beobachten war. Zu diesem Ergebnis könnte allerdings auch die funktionell orientierte Operationsmethode sowie der unterschiedliche Zeitpunkt des Gaumensverschlusses beigetragen haben. Zusätzlich handelte es sich beim Patientengut nicht ausschließlich um BCLP-Patienten.

Auch MELISSARATOU und FRIEDE (2002) stellten hinsichtlich der vertikalen Entwicklung Unterschiede zwischen Patienten mit frühzeitigem (EPR-Gruppe) und verspätetem (DHPR-Gruppe) Gaumenspaltverschluss fest. Allerdings zeigte sich hier in der DHPR-Gruppe eine wesentlich günstigere Entwicklung, welche sich in größeren Mittelwerten des Overbites ausdrückte. Die EPR-Gruppe dagegen zeigte über weite Strecken negative Overbite-Werte. Auch die vertikale Differenz der Kieferbasen war in der EPR-Gruppe wesentlich stärker ausgeprägt als bei Patienten mit spätem Verschluss des Gaumens. Nach Meinung der Autoren sei diese Entwicklung auf radikale Operationsmethoden, etwa die Anwendung eines Vomerlappens oder der Push-back-Technik wie in der EPR-Gruppe, zurück zu führen, welche die vomeroprämaxilläre Suture und damit das prämaxilläre Wachstum beeinflussten und zu Okklusionsstörungen in Form eines frontal offenen Bisses führten.

Eine weitere Ursache für die Unterschiede in der Vertikalen könnte die unterschiedliche Vorgehensweise beim Verschluss der Lippe sein. Da dieser bei der Untersuchungsgruppe einzeitig vorgenommen wurde, erzeugte die so verschlossene Lippe möglicherweise einen größeren Druck auf die Prämaxilla als in der Vergleichsgruppe, wo zunächst nur eine Seite der Lippe verschlossen wurde. Hiermit wäre auch zu erklären, dass der rechte Spaltpolpunkt der Prämaxilla in der Vergleichsgruppe durchschnittlich 1,5mm weiter kranial lag als der linke, was einer Rotation der Prämaxilla entspricht. Da bei 11 Patienten der Lippenschluss zuerst auf der rechten Seite und bei 8 Patienten zuerst auf der linken erfolgte ist anzunehmen, dass die Prämaxilla nach der zuerst verschlossenen Seite rotiert, was jedoch in einer getrennten Analyse dieser beiden Gruppen zu verifizieren wäre. Auf die Seitensegmente schien der operative Eingriff keine Auswirkungen dieser Art zu haben, da

deren Spaltpolpunkte den gleichen Abstand zur Referenzebene aufwiesen. Im Vergleich zur Untersuchungsgruppe war jedoch ein um einiges deutlicher ausgeprägter Kollaps der anterioren Segmentenden nach kranial feststellbar, was ebenfalls auf die fehlende kieferorthopädische Primärbehandlung zurückzuführen sein könnte. Diese wurde in der Untersuchungsgruppe auch nach Verschluss der Lippe bis zur Deckung des Gaumens fortgeführt, was eine Stabilisierung der maxillären Stümpfe bewirkte. Da in der Vergleichsgruppe eine solche Behandlung entfiel und zusätzlich der Gaumen bis zum Untersuchungszeitpunkt offen blieb, bestand keinerlei Verbindung zwischen den Alveolarfortsätzen, was eine geringere Widerstandsfähigkeit gegenüber einwirkendem Druck zur Folge hatte (KRAMER et al. 1994) und so zum weiteren kranialen Kollaps der Segmentenden geführt haben könnte.

Da in der Untersuchungsgruppe im Vergleich zur Situation im Säuglingsalter (KRAUSE 2005) eine Annäherung des Inzisivuspunktes an die Bezugsebene bestand, kann davon ausgegangen werden, dass durch den frühzeitigen Verschluss des Gaumens eine weitere Kaudalentwicklung der Prämaxilla verhindert wurde. Zusätzlich konnte hierdurch auch der weitere Kollaps der Kiefersegmentenden aufgehalten werden, was den signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen erklärt. Bezogen auf die Prämaxilla scheint sich die von KRAUSE beim Säugling beschriebene Entwicklung nach kaudal nur in der Vergleichsgruppe fortzusetzen, wo der Inzisivuspunkt in jenem Stadium noch auf der Bezugsebene angesiedelt war, während er in der vorliegenden Untersuchung deutlich kaudal von dieser lokalisiert war.

6.2.2. Diskussion der transversalen Distanzen

Die Zahnbogenbreite zeigte sowohl beim intercaninen als auch beim Pterygoidabstand deutliche Unterschiede zwischen den Gruppen. Dabei offenbarte die Vergleichsgruppe gegenüber den anderen Stichproben eine signifikant größere Distanz der Tuberpunkte, während der intercanine Abstand in der Untersuchungsgruppe Werte aufwies, die signifikant kleiner waren als die der Vergleichs- und Kontrollgruppe. Das Verhältnis von vorderer zu hinterer Zahnbogenbreite betrug in der Untersuchungsgruppe 70,1%, in der Vergleichsgruppe 72,2% und war somit in beiden Spaltgruppen signifikant kleiner als in der Kontrollgruppe, wo es einen Wert von 81,4% aufwies. Diese Ergebnisse stehen in guter Übereinstimmung mit denen von KREY et al. (2009). Sie ermittelten für die Spaltpatienten ein Verhältnis der Zahnbogenbreiten von 73,3% und für die Gesunden von 85,7%.

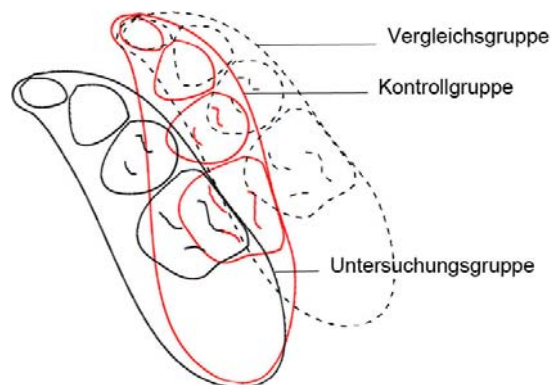


Abbildung 25: Schematische Darstellung der vorderen und hinteren Zahnbogenbreite anhand des linken Seitensegments.

Auch HEIDBÜCHEL et al. (1998a, b) schilderten in ihrer Untersuchung ähnliche Ergebnisse. Jedoch traten oben aufgeführte Unterschiede in der Transversalen in ein und derselben Gruppe auf, während in der vorliegenden Analyse je Spaltgruppe nur entweder der intercanine oder der intertubäre Abstand signifikant vom Gesunden abwich. Offensichtlich führte also der zweizeitige Verschluss der Lippe in der Vergleichsgruppe zu geringerem Zug auf die Seitensegmente und damit zu einem geringer ausgeprägten Kollaps der vorderen Zahnbogenbreite, die in ihrer Ausdehnung nahezu der der gesunden Kontrollgruppe entsprach. Dass der späte Verschluss des Gaumens hierbei eine eher untergeordnete Rolle spielt liegt nahe, da KRAUSE (2005) bereits im Säuglingsalter vor jeglichem palatinalen Eingriff die unterschiedliche transversale Entwicklung feststellen konnte. Die späte Gaumenplastik könnte sich lediglich zusätzlich begünstigend auf das Wachstum der vorderen Zahnbogenbreite ausgewirkt haben. Der intertubäre Abstand dehnte sich hierdurch jedoch deutlich weiter aus. Anders in der Untersuchungsgruppe, wo durch den simultanen Lippenverschluss beider Seiten eine signifikant schmalere Distanz der Eckzahnpunkte bewirkt wurde, jedoch durch die frühe Gaumenplastik kein übermäßiges Wachstum im intertubären Bereich stattfand und der Pterygoidabstand somit annähernd dem der gesunden Kontrollgruppe entsprach. KRAMER et al. (1996) kamen zu dem Schluss, dass die Oberkiefer von Spaltpatienten mit 4 Jahren generell kleiner seien als die von Gesunden, mit Ausnahme der posterioren Zahnbogenbreite. Die Gaumenplastik habe nur einen temporären hemmenden Effekt auf das posteriore transversale Wachstum. Patienten, die zu einem späteren Zeitpunkt operiert wurden, zeigten demnach größere intertubäre Abstände vor und direkt nach Gaumenschluss, was in der postchirurgischen Phase jedoch von den frühzeitig

Operierten wieder aufgeholt wurde. Allerdings betrug das Alter zum spätesten Operationszeitpunkt hier 2 Jahre. Es kann also nicht ohne Weiteres davon ausgegangen werden, dass sich dies auch bei noch späterem Gaumenschluss so verhält. Um die intertubären Verhältnisse der Vergleichsgruppe nach Gaumenspaltverschluss beurteilen und eine eventuelle Annäherung an Gesunde feststellen zu können, müsste eine weitere Untersuchung zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. In Bezug auf die vordere Zahnbogenbreite beobachteten KRAMER et al. (1996) ebenfalls eine kontinuierliche Verschmälerung, die jedoch ihrer Meinung nach nicht auf den simultanen Verschluss von hartem und weichem Gaumen, sondern eher auf das Fehlen der Gaumenplatte postoperativ zurück zu führen sei. Somit sei der anteriore transversale Kollaps nach Gaumenschluss eher eine Spätfolge des Lippenschlusses.

Dagegen sahen HONDA et al. (1995) die deutliche Abnahme der intercaninen Breite nach Gaumenschluss als direkte Auswirkung der Gaumenplastik an. Auch sie verzeichneten jedoch eine zunehmende posteriore Zahnbogenbreite. LISSON et al. (1999) stellten ebenfalls eine Schwenkung der lateralen Segmente nach medial in Folge des Gaumenschlusses mit zwei Jahren fest. Allerdings manifestierte sich diese weniger in einer Abnahme der anterioren Zahnbogenbreite als vielmehr in einem vergrößerten Pterygoidabstand. Sie führten diese Entwicklung auf den frühzeitigen Einsatz einer kieferorthopädischen Apparatur und der damit verbundenen Position der Prämaxilla zwischen den Seitensegmenten zurück, welche einen weiteren Kollaps derselben verhindere. Jedoch könnte auch hier die Konstanz der anterioren Zahnbogenbreite auf den zweizeitigen Verschluss der Lippenspalte zurück zu führen sein. Des Weiteren besteht die Möglichkeit einer Annäherung der posterioren Breite an normale Werte, da die Vermessung des Gaumens nur 1-2 Wochen nach Gaumenschluss erfolgte und mit einer Wachstumshemmung in der Folge zu rechnen ist.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch MELISSARATOU und FRIEDE (2002) beim Vergleich zweier Gruppen mit unterschiedlichem Zeitpunkt des Gaumenspaltverschlusses. Auch wenn der Unterschied in transversaler Richtung nicht so deutlich erschien wie in sagittaler, so waren in den frühen Entwicklungsstadien doch bessere Werte in der Gruppe mit spätem Gaumenschluss erkennbar. Dies führten die Autoren auf die anfängliche Kontraktion des Narbengewebes nach frühzeitiger Gaumenplastik zurück, welche eine Medialbewegung der Seitensegmente sowie eine Kippung der Alveolarfortsätze nach medial zur Folge habe. Aufgrund des fehlenden Wachstums in der Narbenregion komme es später zu einer Deformation der dentoalveolären Strukturen in medialer Richtung sowie zu einem Kollaps des Zahnbogens.

Da die anteriore Zahnbogenbreite der Untersuchungsgruppe signifikant kleiner war als in den anderen Gruppen, nahmen auch die Abstände der Caninuspunkte von der Mittellinie hier deutlich geringere Werte an, die jedoch seitengleich waren. Dagegen wies der Caninuspunkt der rechten Seite in den anderen Gruppen eine geringfügig größere Entfernung von der Mittellinie auf als der linke. Signifikanz der Mittelwerte bestand zwischen Untersuchungs- und Vergleichsgruppe rechtsseitig sowie zwischen Untersuchungs- und Kontrollgruppe beidseitig.

Bei Betrachtung der transversalen Lage des Inzisivuspunktes war festzustellen, dass dieser in der Vergleichsgruppe am weitesten von der Mittellinie abwich, was im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe einen signifikanten Unterschied darstellte.

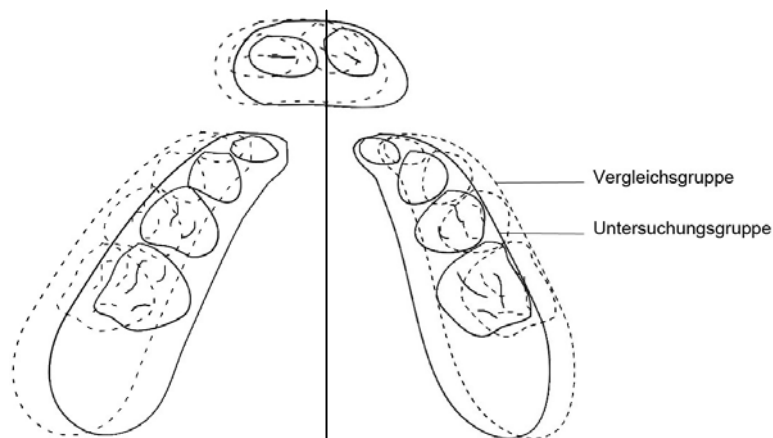


Abbildung 26: Schematische Darstellung der anterioren und posterioren Zahnbogenbreite sowie der Mittellinienabweichung des Inzisivuspunktes in Untersuchungs- und Vergleichsgruppe.

Die Untersuchungsgruppe wies ebenfalls eine größere Mittellinienabweichung als die gesunden Probanden mit Tendenz zur Signifikanz auf, zeigte im Mittel jedoch geringere Werte als die Vergleichsgruppe. Im Gegensatz zur Situation nach Lippenschluss (KRAUSE 2005) war diese Abweichung jedoch nicht signifikant, was darauf hindeutet, dass sich die Prämaxilla der Vergleichsgruppe nach Verschluss der zweiten Lippenseite wieder weiter nach medial ausrichtete. Zu vermuten ist, dass in der Vergleichsgruppe häufiger eine Abweichung des Inzisivuspunktes nach rechts auftrat, da, wie zuvor bereits dargestellt, aufgrund des im Mittel weiter kranial lokalisierten rechten Spaltpolpunktes der Prämaxilla eine Rotation dieser nach rechts angenommen werden kann und beim größeren Teil des Patientenguts der Verschluss der Lippe zuerst rechtsseitig vollzogen wurde. Um diese These zu verifizieren, müsste jedoch noch eine getrennte Analyse der beiden Gruppen erfolgen.

Gleichwohl wiesen die Spaltgruppen eine wesentlich größere Variation der Messwerte auf als dies in der Kontrollgruppe der Fall war, wo nur geringe Differenzen in der Mittellinienabweichung des Inzisivuspunktes bestanden.

6.2.3. Diskussion der sagittalen Distanzen

Die Auswertung der anteroposterioren Verhältnisse ergab eine signifikant größere Zahnbogenlänge in den Spaltgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Wie bereits im Säuglingsalter (KRAUSE 2005) wies die Vergleichsgruppe auch zum vorliegenden Untersuchungszeitpunkt mit einer Länge von 36,7mm die größte Distanz auf, was sowohl auf die fehlende kieferorthopädische Therapie im Vorfeld der operativen Eingriffe als auch auf den zweizeitigen Lippenverschluss zurück zu führen sein könnte. Beides begünstigte ein ungehindertes Ventral-Wachstum der Prämaxilla. Dagegen bewirkten der Einsatz einer Gaumenplatte und der simultane Verschluss der Lippe in der Untersuchungsgruppe anscheinend eine weniger stark ausgeprägte Entwicklung in anteriorer Richtung. Auch der Verschluss des Gaumens mit durchschnittlich bereits 11 Monaten könnte zu dieser Entwicklung beigetragen haben.

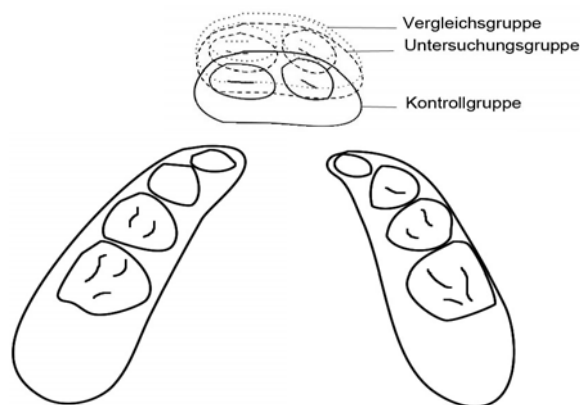


Abbildung 27: Schematische Darstellung der Zahnbogenlänge.

Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen stehen die von KREY et al. (2009) gemachten Untersuchungen, welche keine signifikanten Unterschiede in der Sagittalen zwischen Patienten unserer Vergleichsgruppe und einer gesunden Kontrollgruppe belegen konnten. Als Ursache hierfür ist die Verwendung einer anderen Population von gesunden Vergleichspatienten anzusehen, da deren Werte deutlich von denen der hier untersuchten

Kontrollgruppe abwichen, während die Daten für die Spaltpatienten annähernd gleich waren. HEIDBÜCHEL et al. (1998a) konstatierten eine signifikant kürzere Zahnbogenlänge bei BCLP-Patienten im Alter von 4 Jahren im Vergleich zu Gesunden. Postnatal hatte die anteriore Zahnbogenlänge noch mehr als das Doppelte der gesunden Probanden betragen, war jedoch nach Lippenschluss deutlich zurück gegangen, was im Druck der verschlossenen Lippe, verstärkt durch die resultierende Narbenbildung begründet liegen könnte (BARDACH 1990). Eine weitere Ursache sahen die Autoren in der prächirurgischen kieferorthopädischen Therapie unter Verwendung von extraoralen elastischen Bändern. Keinen Einfluss auf das sagittale Wachstum zeigte dagegen der Verschluss des weichen Gaumens mit etwa 13 Monaten (HEIDBÜCHEL et al. 1998b). Dieser Ansicht waren auch KRAMER et al. (1996), die unter anderem die Auswirkungen des primären Gaumenschlusses in Form einer totalen Gaumenplastik beziehungsweise eines partiellen Verschlusses nur des weichen Gaumens auf das Wachstum der Maxilla untersuchten. Beim simultanen Verschluss von hartem und weichem Gaumen stellten sie eine sagittale Wachstumshemmung bei vergrößerter vorderer Zahnbogenlänge bedingt durch die überentwickelte Prämaxilla in BCLP-Patienten fest. Dies werde verursacht durch die Kontraktion der Mucoperiostlappen in sagittaler Richtung sowie durch auf denudiertem Knochen entstandenes Narbengewebe. Im Untersuchungszeitraum von 9 Monaten bis 4 Jahren zeigte sich eine Verstärkung dieser Entwicklung im Vergleich zu Patienten mit primärem Verschluss nur des weichen Gaumens. Eine andere Form des schrittweisen Gaumenverschlusses wählte LATHAM 2007. Auch hier waren im Vergleich zum einzeitigen Verschluss günstigere sagittale Verhältnisse im Alter von 5 Jahren feststellbar, was sich in einem geringeren Prozentsatz eines anterioren Kreuzbisses ausdrückte. Anders als KRAMER hatte LATHAM zuerst den anterioren Anteil des Gaumens verschlossen. Zusätzlich wurde der Lippenschluss erst am Ende der chirurgischen Rekonstruktion nach vollständigem Gaumenspaltverschluss mit 18 Monaten vollzogen. Auf diese Weise wurde ein initiales Ventralwachstum des Alveolarfortsatzes sowie die Entwicklung einer guten knöchernen Grundlage für Lippe und Nase ermöglicht. Da im Vergleich mit einer konventionell behandelten Gruppe beide der gleichen Vorbehandlung mittels Pin-verankerten Elastics unterzogen wurden, konnte die bessere sagittale Entwicklung in diesem Fall nicht auf den Einsatz einer kieferorthopädischen Apparatur zurück geführt werden und war somit eindeutig Ergebnis der neuen Operationsmethode. Auch HONDA et al. (1995) fanden eine verkürzte posteriore Zahnbogenlänge im Alter von 4 Jahren bei BCLP-Patienten sowie eine deutliche Abnahme der vorderen Zahnbogenlänge verursacht durch eine Posteriorbewegung der Prämaxilla zwischen Lippen- und Gaumenschluss, welcher mit 2 Jahren erfolgte. Auch diese Patienten erhielten zur

Einordnung der Prämaxilla eine kieferorthopädische Behandlung in Form von elastischen Bändern im Vorfeld der Lippenplastik.

Alle Studien haben somit im Gegensatz zur vorliegenden Untersuchung eine verkürzte Zahnbogenlänge bei unterschiedlichsten Therapieansätzen gemein. Ursache hierfür könnte die in allen aufgeführten Studien angewandte aktive kieferorthopädische Vorbehandlung zur Einordnung der Prämaxilla sein, welche in der Folge eine Unterentwicklung in sagittaler Richtung bewirkt haben könnte. Da in unserer Untersuchungsgruppe die Vorbehandlung nur passiv mittels Trinkplatten erfolgte und in der Vergleichsgruppe ganz unterblieb, könnte das die unterschiedlichen Ergebnisse erklären. Dafür spricht auch die von BERKOWITZ 1996 erstellte Untersuchung, in welcher er Patienten ohne kieferorthopädische Vorbehandlung mit nach der Millard-Latham-Methode behandelten verglich. Auch er konnte bei Ersteren bis zum Alter von 6 Jahren keine Retrusion der Maxilla und mit 10-12 Jahren nur in 2 von 29 Fällen einen anterioren Kreuzbiss feststellen, wohingegen bei den M-L-Patienten mit 9 Jahren durchgehend eine maxilläre Retrognathie zu verzeichnen war. WEBB et al. (2001) konnten ebenfalls bei nach den Prinzipien von Delaire operierten Patienten ohne kieferorthopädische Vorbehandlung nur in 2 von 15 Fällen einen negativen Overjet beobachten. Allerdings wurden hier sowohl einseitige als auch zweiseitige Spalten einbezogen. Dem widersprechen die Untersuchungen von MULLIKEN et al. (2003), die keinen nennenswerten skelettalen Unterschied zwischen Patienten ohne kieferorthopädische Vorbehandlung und solchen nach der Latham-Methode behandelten im Alter von 10 Jahren aufzeigen konnten. Die kieferorthopädische Apparatur schien eher eine Retroinklination als eine basiläre Veränderung der Maxilla zu bewirken. Diese Erkenntnisse wurden jedoch anhand von Kephalogrammen und nicht durch Modellvermessung gewonnen.

Der simultane Verschluss von hartem und weichem Gaumen in der Untersuchungsgruppe scheint nur einen geringen hemmenden Effekt auf das Sagittalwachstum gehabt zu haben, da die Zahnbogenlänge zwar etwas kürzer war als die der Vergleichsgruppe, jedoch immer noch signifikant höhere Werte annahm als bei Gesunden. Zusätzlich wäre die Entwicklung in der Vergleichsgruppe nach erfolgtem Gaumenschluss interessant, da postoperativ mit einer Wachstumshemmung und somit einer Angleichung an die Untersuchungsgruppe zu rechnen ist. Auch könnte der geringe sagittale Unterschied auf die in der Untersuchungsgruppe verwendete Trinkplatte zurück zu führen sein.

Ebenso wie die Zahnbogenlänge war auch der Abstand der Caninuspunkte von der Tuberlinie in den Spaltgruppen signifikant größer als bei den Gesunden, wobei er auf der rechten Seite geringfügig kürzer war als auf der linken. Da die Segmentwinkel, wie im

folgenden Kapitel noch ausführlich erörtert, jedoch in den Spaltgruppen kleiner waren, lässt dies auf eine größere Gesamtlänge der Seitensegmente schließen.

Die Abstände der Spaltpolpunkte von Prämaxilla und Seitensegmenten zur Tuberebene wiesen keine signifikanten Unterschiede zwischen Untersuchungs- und Vergleichsgruppe auf.

6.2.4. Diskussion der Segmentwinkel

Entsprechend dem geringeren Verhältnis von vorderer zu hinterer Zahnbogenbreite stellten sich in den Spaltgruppen signifikant kleinere Segmentwinkel dar als dies in der Kontrollgruppe der Fall war, was klinisch einer stärkeren Schwenkung der Seitensegmente nach medial entspricht. Diese Aussage stimmt mit den Erkenntnissen von HEIDBÜCHEL et al. (1998a) überein, die nach anfänglich gleichen Werten von Spaltträgern und Gesunden kurz nach der Geburt ebenfalls einen signifikanten Unterschied im Alter von 4 Jahren feststellten. Die Ursache hierfür könnte in der fehlenden knöchernen Verbindung des Alveolarfortsatzes zu sehen sein, welche einen Kollaps der Kiefersegmente nach Lippenbeziehungsweise Gaumenschluss bedingte.

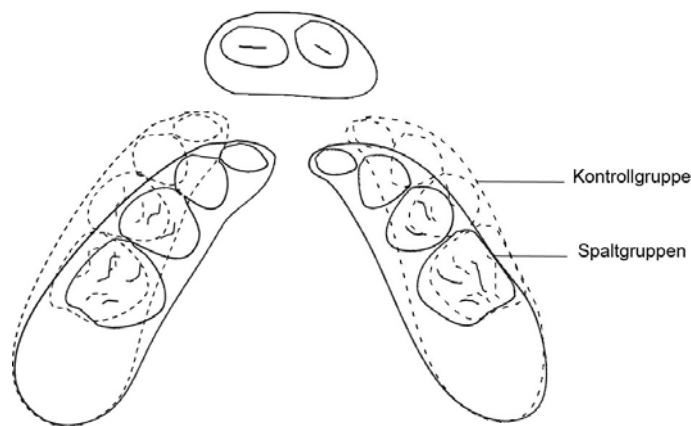


Abbildung 28: Schematische Darstellung der Segmentwinkel.

Auch LISSON et al. (1999) konstatierten eine signifikante Abnahme des Segmentwinkels, allerdings wurde diese erst nach vollzogener Gaumenplastik offenbar, die im Alter von 2,5 Jahren durchgeführt wurde. Auch lag die Ursache hierfür weniger in einer Abnahme der vorderen Zahnbogenbreite als vielmehr in einem zunehmenden intertubären Abstand. In der

vorliegenden Untersuchung wies die Untersuchungsgruppe die kleinsten Winkel auf, wobei sie sich rechtsseitig deutlicher von der Vergleichsgruppe unterschied als linksseitig. Der linksseitig kleinere Winkel in der Vergleichsgruppe könnte wiederum auf den zweizeitigen Lippenschluss zurück zu führen sein, der bei 52% der Patienten zuerst rechtsseitig und bei 38% zuerst linksseitig durchgeführt wurde.

6.3. Beantwortung der Fragestellung

1. Bei der Betrachtung der vertikalen Lage der Kiefersegmente konnte in der Untersuchungsgruppe eine deutlich weiter kaudal der Bezugsebene positionierte Prämaxilla nachgewiesen werden als dies in der Vergleichsgruppe der Fall war, was bedeutet, dass die Prämaxilla in der Untersuchungsgruppe weniger auf einer Ebene mit den Seitensegmenten lag. Dies wurde vor allem anhand der Position des Inzisivuspunktes offenbar, dessen vertikale Lage sich deutlich, wenn auch nicht signifikant unterschied. Des Weiteren war in der Vergleichsgruppe eine deutlich größere Streuung der Werte zu beobachten als in der Untersuchungsgruppe. Bei Betrachtung der Spaltpolpunkte der Prämaxilla ließ sich hingegen ein signifikanter Höhenunterschied nachweisen, welcher vermutlich dadurch zustande kam, dass die Segmentenden der Vergleichsgruppe weiter nach kranial kollabiert waren, während diese Entwicklung in der Untersuchungsgruppe durch den frühen Verschluss des Gaumens gehemmt werden konnte. Dieselbe Situation stellte sich bei Betrachtung der Spaltpole der Seitensegmente dar. Auch diese waren in der Vergleichsgruppe deutlich weiter nach kranial rotiert. Des Weiteren war der Höhenunterschied zwischen den Spaltpolpunkten von Prämaxilla und Seitensegmenten in der Vergleichsgruppe, besonders auf der linken Seite, stärker ausgeprägt als in der Untersuchungsgruppe, obwohl die Prämaxilla insgesamt in Letzterer weiter kaudal positioniert war. Schließlich ließ sich in der Vergleichsgruppe mit zweizeitigem Verschluss der Lippe eine Rotation der Prämaxilla nach rechts feststellen, was sich durch den im Vergleich zur Gegenseite weiter kranial lokalisierten rechten Spaltpolpunkt ausdrückte. Bei Betrachtung der Caninuspunkte war festzustellen, dass die Seitensegmente in der Untersuchungsgruppe in ihrer vertikalen Lage am stärksten, jedoch nicht wesentlich differierten.
2. Hinsichtlich der intercaninen Breite war eine günstigere Entwicklung innerhalb der Vergleichsgruppe feststellbar, die vermutlich auf den späten Verschluss des Gaumens, aber auch den geringeren Druck auf die Seitensegmente durch den zweizeitigen Verschluss der Lippenspalte zurück zu führen war. Die Pterygoiddistanz dagegen wies eine ungehemmte und deutlich zu große Ausdehnung auf. In der Untersuchungsgruppe verhielt es sich genau umgekehrt, hier trug unter anderem die frühe Palatoplastik zum Kollaps der anterioren Zahnbogenbreite bei, während die posteriore eine normale Ausdehnung erreichte. Auch in sagittaler Richtung war die größte Ausdehnung in der Vergleichsgruppe zu erkennen, was vermutlich durch die fehlende kieferorthopädische Frühbehandlung, begünstigt durch den späten Verschluss des Gaumens bewirkt wurde.

3. Bei Betrachtung der transversalen Lage des Inzisivuspunktes offenbarten sich in der Vergleichsgruppe die größten Abweichungen von der Mittellinie, was als Folge des schrittweisen Verschlusses der Lippe anzusehen ist. Im Vergleich zur Situation im Säuglingsalter bestand jedoch eine Annäherung des Inzisivuspunktes an die Mittellinie. Auch in der Untersuchungsgruppe war eine Mittellinienabweichung feststellbar, die jedoch im Gegensatz zur Vergleichsgruppe keine Signifikanz zur Kontrollgruppe aufwies.
4. Im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe, in der die Inzisivuspunkte den geringsten Abstand zur vertikalen Bezugsebene zeigten, wies die Untersuchungsgruppe im Mittel einen signifikant weiter kaudal positionierten Inzisivuspunkt auf. In der Vergleichsgruppe war ebenfalls eine Abweichung nach kaudal zu verzeichnen, die jedoch keine Signifikanz erzielte. Bei Betrachtung der Caninuspunkte wurde deutlich, dass diese in der Kontrollgruppe nahezu auf der Bezugsebene lokalisiert waren, während sie in den Spaltgruppen und hier besonders in der Untersuchungsgruppe minimal von dieser abwichen. Transversal war in der Untersuchungsgruppe ein signifikant kleinerer intercaniner Abstand als in der Kontrollgruppe zu verzeichnen. Dagegen zeigte sich in der Vergleichsgruppe ein signifikant größerer Pterygoidabstand. Damit war das Verhältnis von vorderer zu hinterer Zahnbogenbreite in beiden Spaltgruppen signifikant kleiner als in der Kontrollgruppe. Auch bezüglich der Zahnbogenlänge waren in beiden Spaltgruppen signifikant größere Werte feststellbar, wobei die Vergleichsgruppe hier den Maximalwert aufwies. Ein ebenfalls signifikanter Unterschied war schließlich hinsichtlich der Segmentwinkel zu verzeichnen, die in den Spaltgruppen im Vergleich zur Kontrollgruppe deutlich kleinere Werte annahmen.

6.4. Klinische Schlussfolgerungen

Bei der Beurteilung der Oberkiefermorphologie von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten in der Milchgebissphase wird es zunehmend schwerer, den Einfluss der Gaumenplastik von jenem früherer Eingriffe zu trennen. Prinzipiell konnten die von KRAUSE (2005) gewonnenen Erkenntnisse zur Situation im Säuglingsalter weitestgehend bestätigt werden. Vor allem in vertikaler Richtung war jedoch seit dem frühen Verschluss des Gaumens eine deutlich günstigere Entwicklung in der Untersuchungsgruppe feststellbar. So war der kraniale Kollaps der Kiefersegmentenden hier wesentlich geringer ausgeprägt als dies in der Vergleichsgruppe mit spätem Verschluss des Gaumens der Fall war, was einen

harmonischeren Verlauf des Alveolarkammes zur Folge hatte. Die geringfügig weiter kaudal positionierte Prämaxilla der Untersuchungsgruppe erscheint in diesem Zusammenhang akzeptabel, zumal hier eine deutliche Annäherung an die Bezugsebene im Vergleich zum Säuglingsalter zu verzeichnen war. Des Weiteren zeigten die Behandlungsergebnisse in der Untersuchungsgruppe den einheitlichsten Verlauf, was sich in einer sehr geringen Streuung ausdrückte. Interessant wäre eine erneute Evaluierung der Situation nach Verschluss des Gaumens in der Vergleichsgruppe, um eine eventuelle Verbesserung in vertikaler Dimension auszumachen. Auch wäre dann zu beurteilen, ob postoperativ eine transversale Komprimierung der annähernd normalen anterioren Zahnbogenbreite sowie des deutlich zu breiten Pterygoidabstandes einträte. Das Verhältnis von vorderer zu hinterer Zahnbogenbreite war in der Untersuchungsgruppe am ungünstigsten, was durch die starke Medialschwenkung der Seitensegmente bedingt wurde. Da dies bereits nach Verschluss der Lippenspalte manifest war, kann der frühen Palatoplastik hier jedoch nur ein geringer Einfluss zugeschrieben werden. Ein zweizeitiger Verschluss der Lippe wie in der Vergleichsgruppe ist jedoch dennoch nicht vorzuziehen, da die resultierende Rotation der Prämaxilla auch in der Milchgebissphase persistierte, was mit einer Mittellinienabweichung des Inzisivuspunktes einher ging. Zusätzlich zeigte die Vergleichsgruppe aufgrund der verbreiterten Pterygoiddistanz ein ähnlich ungünstiges Verhältnis von vorderer zu hinterer Zahnbogenbreite. Zu überdenken wäre gegebenenfalls der Einfluss der kieferorthopädischen Frühbehandlung in der Untersuchungsgruppe auf den intercaninen Abstand. In sagittaler Richtung übte dieses Vorgehen jedoch scheinbar einen günstigen Einfluss auf die Position der Prämaxilla aus, die in der Untersuchungsgruppe eine nicht ganz so große Schwenkung nach ventral zeigte wie in der Vergleichsgruppe.

In künftigen Studien sollte versucht werden, eine schädelbezügliche Messung der vertikalen Verhältnisse zu etablieren. Zusätzlich wären weitere Untersuchungen in späteren Entwicklungsstadien von Interesse, um die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse in Zusammenhang setzen zu können.

7. Zusammenfassung der Arbeit

Doppelseitige vollständige Lippen-Kiefer-Gaumenspalten gehören zu den schwersten Formen der orofacialen Fehlbildungen. Aus diesem Grund stellt ihre Rehabilitation eine besondere Herausforderung für das interdisziplinäre Behandlungsteam dar. Das optimale Vorgehen bei der Therapie ist dabei bis heute Gegenstand kontroverser Diskussionen und Ziel zahlreicher Untersuchungen. Besonders der Zeitpunkt der Hartgaumenplastik ist umstritten. Einer ungestörten Sprachentwicklung durch frühe chirurgische Eingriffe stehen hierbei Wachstumseinschränkungen durch entstandenes Narbengewebe gegenüber. Um die Vor- und Nachteile verschiedener Behandlungskonzepte bewerten zu können, hat sich die Analyse von Spaltkiefern anhand von Gipsmodellen als geeignete Methode bewährt.

In der vorliegenden Arbeit sollte, anknüpfend an die Untersuchungen von KRAUSE (2005) zur Situation im Säuglingsalter, die Oberkiefermorphologie von Spaltträgern in der Milchgebissphase analysiert werden. Der Schwerpunkt wurde dabei auf die Entwicklung in vertikaler Richtung gelegt, wozu bislang nur wenige Studien existieren. Die Therapie der Patienten erfolgte nach zwei verschiedenen Konzepten mit frühem beziehungsweise spätem Verschluss des Gaumens, die einander gegenübergestellt werden sollten. Zusätzlich sollte ein Vergleich mit einer Gruppe gesunder Probanden erfolgen.

Die Untersuchungsgruppe entstammte dem Patientengut des Zentrums für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie der Universität Leipzig, aus welchem Modelle von 16 Patienten im durchschnittlichen Alter von 4 Jahren und 2 Monaten in die Untersuchung einbezogen wurden. Die Therapie aller Patienten wurde nach dem gleichen Konzept vollzogen, welches anschließend an eine kieferorthopädische Frühbehandlung nach HOTZ einen einzeitigen Verschluss der Lippe im durchschnittlichen Alter von 5 Monaten vorsah. Die Deckung des Gaumens erfolgte zwischen 10. und 14. Monat und somit weit vor dem Untersuchungszeitpunkt. Dem gegenüber stand eine Gruppe von 21 Spaltpatienten der ehemaligen Klinik für Plastische und Wiederherstellende Kiefer- und Gesichtschirurgie „Wolfgang Rosenthal“ in Thallwitz. Das durchschnittliche Alter betrug hier 4 Jahre und 8 Monate. Auch diese Patienten unterlagen einer einheitlichen Behandlungsstrategie ohne kieferorthopädische Frühbehandlung und mit zweizeitigem Lippenspaltverschluss zwischen 4. und 6. Monat. Der Verschluss des Gaumens erfolgte erst nach dem Untersuchungszeitpunkt. Die Kontrollgruppe gesunder Probanden schließlich entstammte einer Sammlung des ehemaligen Leiters der kieferorthopädischen und prothetischen Abteilung der Universität Leipzig Prof. Dr. Kleeberg und umfasste 34 Modelle. Auch diese

Probanden befanden sich durchweg in der Milchgebissphase, wenngleich das genaue Alter nicht festgestellt werden konnte.

Alle Modelle wurden mittels eines Reflexmikroskopes dreidimensional vermessen. Als Referenzpunkte dienten dabei die von ASHLEY-MONTAGU und SILLMAN sowie von MAZAHARI definierten Punkte der Schleimhautoberfläche. Um vertikale Messungen vornehmen zu können, wurde eine Referenzebene aus den Tuberpunkten sowie dem streckenhalbierenden Punkt der Eckzahndistanz konstruiert.

Im Ergebnis konnten deutliche Unterschiede sowohl zwischen den Patienten der zwei Therapiekonzepte als auch im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe festgestellt werden. Hierbei musste hinsichtlich der Beurteilung der Spaltkiefer zwischen den Auswirkungen von kieferorthopädischer Frühbehandlung und Lippenplastik sowie jenen durch den frühen beziehungsweise späten Verschluss des Gaumens verursachten unterschieden werden. Letztere traten besonders bei Betrachtung der vertikalen Entwicklung hervor. So zeigte die Vergleichsgruppe einen wesentlich ausgeprägteren kranialen Kollaps der Kieferkammenden der Prämaxilla und besonders der Seitensegmente, was vermutlich auf den späten Verschluss des Gaumens zurück zu führen ist. In der Untersuchungsgruppe hingegen war eine deutlich weiter kaudal lokalisierte Prämaxilla zu beobachten, sodass der Inzisivuspunkt im Vergleich mit der gesunden Kontrollgruppe einen signifikanten Unterschied aufwies, was in der Vergleichsgruppe nicht der Fall war. Dagegen bestanden innerhalb der Vergleichsgruppe deutlich größere Abweichungen bezüglich der vertikalen Lage der Prämaxilla, während diese in der Untersuchungsgruppe eine einheitlichere Position annahm. Auch eine Rotation der Prämaxilla wie sie in der Vergleichsgruppe auftrat war in der Untersuchungsgruppe nicht manifest. Da sich, vermutlich durch den zweizeitigen Lippenspaltverschluss, der rechte Spaltpolpunkt in der Vergleichsgruppe deutlich weiter kranial befand, war der vertikale Abstand zwischen Prämaxilla und Seitensegment folglich auf der linken Seite größer als auf der rechten. Weiterhin zeigte der Inzisivuspunkt hier eine stärker ausgeprägte Mittellinienabweichung als dies in der Untersuchungsgruppe der Fall war, was jedoch nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Gaumenspaltverschluss zu sehen sondern ebenfalls auf den schrittweisen Verschluss der Lippe zurück zu führen ist. Die geringste Mittellinienverschiebung war in der Kontrollgruppe zu beobachten.

In transversaler Richtung bestand bei beiden Spaltgruppen ein annähernd gleiches ungünstiges Verhältnis von vorderer zu hinterer Zahnbogenbreite, was sich in einem signifikant kleineren Segmentwinkel verglichen mit der gesunden Kontrollgruppe manifestierte. Zurück zu führen war diese Abweichung in der Untersuchungsgruppe auf die signifikant schmalere vordere Zahnbogenbreite, während die hintere eine annähernd

normale Ausdehnung aufwies, was vermutlich einerseits durch die kieferorthopädische Frühbehandlung sowie den simultanen Verschluss der Lippe verursacht wurde. Andererseits könnte die frühe Palatoplastik diese Entwicklung zusätzlich begünstigt haben. Dagegen zeigte die intercanine Breite in der Vergleichsgruppe gegenüber den Gesunden keine wesentlichen Unterschiede. Das ungünstige Verhältnis zur hinteren Zahnbogenbreite wurde hier vielmehr durch den überdurchschnittlich großen Pterygoidabstand verursacht, der einen signifikanten Unterschied zur gesunden Kontrollgruppe aufwies. Ursächlich hierfür könnte der späte Verschluss der Gaumenspalte sein, wodurch ein ungehindertes transversales Wachstum im Tuberbereich stattfinden konnte. Da bei KRAUSE (2005) entsprechende Daten für das Säuglingsalter nicht zu finden waren, ließ sich jedoch nur schwer feststellen, ob diese Abweichung bereits nach Lippenspaltverschluss bestand oder tatsächlich als Folge der späten Palatoplastik anzusehen ist.

Die Auswertung der sagittalen Verhältnisse offenbarte schließlich in den Spaltgruppen eine signifikant größere Zahnbogenlänge als in der gesunden Kontrollgruppe. Die größte Ausdehnung war hierbei wiederum in der Vergleichsgruppe feststellbar. Da dieser Unterschied zwischen Untersuchungs- und Vergleichsgruppe bereits im Säuglingsalter bestand, ist auch hier davon auszugehen, dass der Gaumenspaltverschluss keinen wesentlichen Einfluss auf die sagittale Entwicklung hatte. Vielmehr scheint hier der Einfluss der kieferorthopädischen Frühbehandlung deutlich zu werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Zeitpunkt des Gaumenspaltverschlusses vor allem für die Entwicklung des Spaltkiefers in vertikaler Richtung aber auch bezüglich des intertubären Abstandes von Bedeutung ist. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung weisen demnach auf einen günstigeren Effekt eines frühen Verschlusses hin. Um eine fundiertere Aussage treffen zu können, sollte in weiteren Studien die Entwicklung in späteren Dentitionsphasen insbesondere die Situation in der Vergleichsgruppe nach Gaumenspaltverschluss analysiert und mit den vorliegenden Ergebnissen verglichen werden. Des Weiteren wären für eine bessere vertikale Auswertung schädelbezügliche Messungen von Nutzen.

8. Literaturverzeichnis

1. Anastassov, G.E., Joos, U. (2001): Comprehensive management of cleft lip and palate deformities. *J Oral Maxillofac Surg*, 59(9), 1062-75.
2. Ashley-Montagu, M.F. (1934): The Form and Dimensions of the Palate in the Newborn. *Am J Orthod Oral Sur*, 20 (8), 810-827.
3. Ayoub, A.F., Wray, D., Moos, K.F., Jin, J., Niblett, T.B., Urquhart, C., Mowforth, P., Siebert, P. (1997): A three-dimensional imaging system for archiving dental study casts: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*, 12(1), 79-84.
4. Bacher, M., Göz, G., Pham, T., Bacher, U., Werner, O., Buchner, P., Bacher, A. (1998): Three-dimensional analysis of cleft palate topology in newborn infants with reference to the cranial skeleton. *Cleft Palate Craniofac J*, 35(5), 379-95.
5. Bardach, J. (1990): The influence of cleft lip repair on facial growth. *Cleft Palate J*, 27(1), 76-8.
6. Bauer, U., Hochstein, H.J., Mahn, S., Salomon, E. (1975): Complex rehabilitation of cleft patients in the Thallwitz clinic with reference to orthodontics, surgery and speech therapy. *Zahntechnik (Berl)*, 16(9), 387-94.
7. Bell, A., Ayoub, A.F., Siebert, P. (2003): Assessment of the accuracy of a three-dimensional imaging system for archiving dental study models. *J Orthod*, 30(3), 219-23.
8. Berkowitz, S. (1996): A comparison of treatment results in complete bilateral cleft lip and palate using a conservative approach versus Millard-Latham PSOT procedure. *Semin Orthod*, 2(3), 169-84.
9. Berkowitz, S., Duncan, R., Evans, C., Friede, H., Kuijpers-Jagtman, A.M., Prahll-Anderson, B., Rosenstein, S. (2005): Timing of cleft palate closure should be based

on the ratio of the area of the cleft to that of the palatal segments and not on age alone. *Plast Reconstr Surg*, 115(6), 1483-99.

10. Boerngen, J. (2004): Die Auswirkung des unverschlossenen Gaumens auf die Entwicklung des Oberkiefers bei doppelseitigen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten in der Milchgebissphase – Eine Modelluntersuchung anhand der Thallwitzer Sammlung. Medizinische Dissertation. Leipzig.
11. Braumann B, Keilig L, Bourauel C, Jäger A. (2002): Three-dimensional analysis of morphological changes in the maxilla of patients with cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J*, 39(1):1-11.
12. Braumann, B., Rosenhayn, S.E., Bourauel, C., Jäger, A. (2001): Two- or three-dimensional cast analysis in patients with cleft lip and palate?. *J Orofac Orthop*, 62(6), 451-65.
13. Breitung, L., Hochstein, H.J., Hochstein, U., Krause, G. (1975): Complex rehabilitation of cleft palate patients of the clinic Thallwitz from the stomatological point of view. *Zahntechnik (Berl)*, 16(8), 344-9.
14. Brief, J., Behle, J.H., Stellzig-Eisenhauer, A., Hassfeld, S. (2006): Precision of landmark positioning on digitized models from patients with cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac J*, 43(2), 168-73.
15. Darvann, T.A., Hermann, N.V., Ersbøll, B.K., Kreiborg, S., Berkowitz, S. (2007): Palatal surface area of maxillary plaster casts—a comparison between two-dimensional and three-dimensional measurements. *Cleft Palate Craniofac J*, 44(4), 381-90.
16. Delaire, J. (1978): Theoretical principles and technique of functional closure of the lip and nasal aperture. *J Maxillofac Surg*, 6(2), 109-16.
17. Drage, K.J., Winzar, C.F., Killingback, N. (1991): Method errors recorded by inexperienced operators of the reflex microscope. *Br J Orthod.*, 18(4), 309-13.

18. Garino, F., Garino, G.B. (2004): Digital treatment objectives: procedure and clinical application. *Prog Orthod*, 5(2), 248-58.
19. Hajeer, M.Y., Millett, D.T., Ayoub, A.F., Siebert, J.P. (2004): Applications of 3D imaging in orthodontics: part II. *J Orthod*, 31(2), 154-62.
20. Heidbüchel KL, Kuijpers-Jagtman AM, Kramer GJ, Prah Andersen B. (1998): Maxillary arch dimensions in bilateral cleft lip and palate from birth until four years of age in boys. *Cleft Palate Craniofac J*, 35(3), 233-9.
21. Heidbüchel, K.L., Kuijpers-Jagtman, A.M., Van't Hof, M.A., Kramer, G.J., Prah Andersen, B. (1998): Effects of early treatment on maxillary arch development in BCLP. A study on dental casts between 0 and 4 years of age. *J Craniomaxillofac Surg*, 26(3), 140-7.
22. Hemprich, A., Frerich, B., Hierl, T., Dannhauer, K.H. (2006): The functionally based Leipzig concept for the treatment of patients with cleft lip, alveolus and palate. *J Craniomaxillofac Surg*, 34 Suppl 2, 22-5.
23. Hochstein, H.J. (1975): Complex rehabilitation of cleft patients in the clinic in Thallwitz with special reference to the surgical viewpoint. *Zahntechnik (Berl)*, 16(7), 301-4.
24. Holberg, C., Holberg, N., Schwenzer, K., Wichelhaus, A., Rudzki-Janson, I. (2007): Biomechanical analysis of maxillary expansion in CLP patients. *Angle Orthod*, 77(2), 280-7.
25. Holberg, C., Schwenzer, K., Mahaini, L., Rudzki-Janson, I. (2006): Accuracy of facial plaster casts. *Angle Orthod*, 76(4), 605-11.
26. Honda, Y., Suzuki, A., Ohishi, M., Tashiro, H. (1995): Longitudinal Study on the Changes of Maxillary Arch Dimensions in Japanese Children with Cleft Lip and/or Palate: Infancy to 4 Years of Age. *Cleft Palate Craniofac J*, 32(2), 149-155.
27. Joffe, L. (2004): OrthoCAD: digital models for a digital era. *J Orthod*, 31(4), 344-7.

28. Kalanzi, E.W., Gatti, G.L., Massei A. (2004): The Role of Lip Adhesion in the Treatment of Cleft Lips. *East and Central African Journal of Surgery*, 9(2), 61-66.
29. Kramer, Gem. J. C., Hoeksma, J. B., Prahl-Andersen, B. (1996): Prediction of Early Palatal Growth and Development in Children with Cleft Lip and Palate. *Cleft Palate Craniofac J*, 33(2), 112-117.
30. Krause, J. (2005): Dreidimensionale Analyse der Oberkiefermorphologie von Säuglingen mit doppelseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte vor und nach Lippenspaltverschluss mit besonderer Beurteilung der vertikalen Dimension der Spaltsegmente. Medizinische Dissertation. Leipzig.
31. Krey, K.F., Börngen, J., Dannhauer, K.H. (2009): Three-dimensional analysis of the deciduous dentition of patients with bilateral cleft lip and palate and delayed cleft closure. *J Orofac Orthop*, 70(3), 237-46.
32. Kriens, O. (1991): Data-objective diagnosis of infant cleft lip, alveolus, and palate. Morphologic data guiding understanding and treatment concepts. *Cleft Palate Craniofac J*, 28(2), 157-68.
33. Latham, R.A. (2007): Bilateral cleft lip and palate: improved maxillary and dental development. *Plast Reconstr Surg*, 119(1), 287-97.
34. Leighton, B.C. (1976): Morphologische Variationen der Alveolarbögen beim Neugeborenen. *J Orofac Orthop*, 37 (1), 8-14.
35. Lisson, J.A. (1995): Quer- und Längsschnittuntersuchungen von Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte – Behandlungsverläufe nach dem Hannoveraner Konzept. Medizinische Dissertation. Hannover.
36. Lisson, J.A., Schilke, R., Tränkmann, J. (1999): Transverse changes after surgical closure of complete cleft lip, alveolus and palate. *Clin Oral Investig*, 3(1), 18-24.
37. Mahn, S. (1980): Thallwitz concept of surgical treatment of cleft lip, jaw and palate. *Osterr Z Stomatol*, 77(7-8), 263-70.

38. Mazaheri, M., Harding, R.L., Cooper, J.A., Meier, J.A., Jones, T.S. (1971): Changes in arch form and dimensions of cleft patients. *Amer J Orthodont*, 60 (1), 19-32.
39. Melissaratou, A., Friede, H. (2002): Dental Arches and Occlusion in Bilateral Cleft Lip and Palate Patients after Two Different Routines for Palatal Surgery. *J Orofac Orthop*, 63(4), 300-14.
40. Millard, D.R. Jr. (1971): Closure of bilateral cleft lip and elongation of columella by two operations in infancy. *Plast Reconstr Surg*, 47(4), 324-31.
41. Mulliken, J.B., Wu, J.K., Padwa, B.L. (2003): Repair of bilateral cleft lip: review, revisions, and reflections. *J Craniofac Surg*, 14(5), 609-20.
42. Nyström, M., Ranta, R. (1989): Dental age and asymmetry in the formation of mandibular teeth in twins concordant or discordant for oral clefts. *Scand J Dent Res*, 96(5), 393-8.
43. Nyström, M., Ranta, R. (1990): Effect of timing and method of cleft palate repair on dental arches at the age of three years. *Cleft Palate J*, 27(4), 349-52.
44. Ono, I., Ohura, T., Narumi, E., Kawashima, K., Matsuno, I., Nakamura, S., Ohhata, N., Uchiyama, Y., Watanabe, Y., Tanaka, F. et al. (1992): Three-dimensional analysis of craniofacial bones using three-dimensional computer tomography. *J Craniomaxillofac Surg*, 20(2), 49-60.
45. Oosterkamp, B.C., van der Meer, W.J., Rutenfrans, M., Dijkstra, P.U. (2006): Reliability of linear measurements on a virtual bilateral cleft lip and palate model. *Cleft Palate Craniofac J*, 43(5), 519-23.
46. Pradel, W., Müller, R., Lauer, G., Eckelt, E. (2002): Das interdisziplinäre Behandlungskonzept von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten am Universitätsklinikum Dresden. *Ärzteblatt Sachsen*, 5/2002, 195-198.

47. Quimby, M.L., Vig, K.W., Rashid, R.G., Firestone, A.R. (2004): The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod*, 74(3), 298-303.
48. Robertson, N.R., Fish, J. (1975): Early dimensional changes in the arches of cleft palate children. *Am J Orthod*, 67(3), 290-303.
49. Rosenhayn, S.E. (2000): Die zwei- und dreidimensionale Oberkiefermodellanalyse von Säuglingen mit ein- und doppelseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Segel-Spalten. Medizinische Dissertation. Bonn.
50. Rygh, P., Tindlund, R. (1982): Orthopedic expansion and protraction of the maxilla in cleft palate patients--a new treatment rationale. *Cleft Palate J*, 19(2), 104-12.
51. Scott, P.J. (1982): Drawing and measurement of finds: a Reflex action. *World Archaeology*, 14 (2), 191-199.
52. Seckel, N.G., van der Tweel, I., Elema, G.A., Specken, T.F. (1995): Landmark positioning on maxilla of cleft lip and palate infant – a reality? *Cleft Palate Craniofac J*, 32(5), 434-41.
53. Sillman, J.H. (1951): Serial study of good occlusion from birth to 12 years of age. *Am J Orthod*, 37(7), 481-507.
54. Speculand, B., Butcher, G.W., Stephens, C.D. (1988): Three-dimensional measurement: the accuracy and precision of the Reflex Microscope. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 26(4), 276-83.
55. Tindlund, R.S. (1994): Skeletal response to maxillary protraction in patients with cleft lip and palate before age 10 years. *Cleft Palate Craniofac J*, 31(4), 295-308.
56. Tindlund, R.S., Rygh, P., Bøe, O.E. (1993): Orthopedic protraction of the upper jaw in cleft lip and palate patients during the deciduous and mixed dentition periods in comparison with normal growth and development. *Cleft Palate Craniofac J*, 30(2), 182-94.

57. Tränkmann, G.J. (1989): Orthodontic treatment of the primary dentition for patients with clefts of lip, alveolus, and palate following presurgical orthodontics, labioplasty and palatoplasty. *J Craniomaxillofac Surg*, 17 Suppl 1, 5-7.
58. Vlachos, C.C. (1996): Orthodontic treatment for the cleft palate patient. *Semin Orthod*, 2(3), 197-204.
59. Wada, T., Miyazaki, T. (1975): Growth and changes in maxillary arch form in complete unilateral cleft lip and cleft palate children. *Cleft Palate J*, 12(00), 115-30.
60. Wada, T., Mizokawa, N., Miyazaki, T., Ergen, G. (1984): Maxillary dental arch growth in different types of cleft. *Cleft Palate J*, 21(3), 180-92.
61. Wang, D., Cheng, L., Wang, C., Qian, Y., Pan, X. (2009): Biomechanical analysis of rapid maxillary expansion in the UCLP patient. *Med Eng Phys*, 31(3), 409-17.
62. Webb, A.A., Watts, R., Read-Ward, E., Hodgkins, J., Markus, A.F. (2001): Audit of a multidisciplinary approach to the care of children with unilateral and bilateral cleft lip and palate. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 39(3), 182-8.
63. Wutzi, A., Sinko, K., Shengelia, N., Brozek, W., Watzinger, F., Schicho, K., Ewers, R. (2009): Examination of dental casts in newborns with bilateral complete cleft lip and palate. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 38(10), 1025-9.
64. Zilberman, O., Huggare, J.A., Parikakis, K.A. (2003): Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod*, 73(3), 301-6.

9. Anlagen

9.1. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt des Lippen- und Gaumenspaltverschlusses.....	22
Tabelle 2: Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt des Lippenspaltverschlusses.	23
Tabelle 3: Werte des individuellen Fehlers in Millimeter.....	30
Tabelle 4: Ergebnisse des Mittelwertvergleichs mittels T-Test.	47
Tabelle 5: Ergebnisse des Mittelwertvergleichs mittels ANOVA.....	48

9.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Reflexmikroskop.	25
Abbildung 2: Darstellung der Messpunkte.	27
Abbildung 3: Darstellung der Bezugsebene A.	28
Abbildung 4: Darstellung der Strecken und Winkel.	30
Abbildung 5: Darstellung der Kennwerte der Pterygoiddistanzen.	32
Abbildung 6: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des Spaltpolpunktes des rechten Seitensegments zur Bezugsebene A.	34
Abbildung 7: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des Spaltpolpunktes des linken Seitensegments zur Bezugsebene A.	34
Abbildung 8: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des rechten Spaltpolpunktes der Prämaxilla zur Bezugsebene A.	35
Abbildung 9: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des linken Spaltpolpunktes der Prämaxilla zur Bezugsebene A.	36
Abbildung 10: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des Inzisivuspunktes zur Bezugsebene A.	37
Abbildung 11: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des rechten Caninuspunktes zur Bezugsebene A.	38
Abbildung 12: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des linken Caninuspunktes zur Bezugsebene A.	38
Abbildung 13: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum des Abstandes der Pterygoidpunkte zueinander.	39
Abbildung 14: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der vorderen Zahnbogenbreite.	40

Abbildung 15: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Entfernung des Inzisivuspunktes von der Mittellinie.	41
Abbildung 16: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des linken Caninuspunktes zur Mittellinie.	42
Abbildung 17: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des rechten Caninuspunktes zur Mittellinie.....	42
Abbildung 18: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Zahnbogenlänge.	43
Abbildung 19: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des rechten Caninuspunktes zur Tuberebene.	44
Abbildung 20: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum der Distanz des linken Caninuspunktes zur Tuberebene.....	44
Abbildung 21: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum des linken Segmentwinkels.....	45
Abbildung 22: Darstellung der Mediane und Quartile sowie Minimum und Maximum des rechten Segmentwinkels.....	45
Abbildung 23: Schematische Darstellung der vertikalen Abstände des Inzisivuspunktes zur Bezugsebene.	57
Abbildung 24: Schematische Darstellung der vertikalen Position der Spaltpolpunkte.	59
Abbildung 25: Schematische Darstellung der vorderen und hinteren Zahnbogenbreite anhand des linken Seitensegments.	62
Abbildung 26: Schematische Darstellung der anterioren und posterioren Zahnbogenbreite sowie der Mittellinienabweichung des Inzisivuspunktes in Untersuchungs- und Vergleichsgruppe.	64
Abbildung 27: Schematische Darstellung der Zahnbogenlänge.	65
Abbildung 28: Schematische Darstellung der Segmentwinkel.....	68

9.3. Tabellenanhang: Prüfung auf Normalverteilung

Untersuchungsgruppe

Tabelle 6: Ergebnisse des *K-S-Tests* für die Untersuchungsgruppe.

Testgröße	B_C	P_P1	S_S1	R_R1	Q_Q1	O_O1	N_N1	M_M1	S_M
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,93	0,43	0,33	0,16	0,79	0,58	0,46	0,33	0,74

Testgröße	P_P2	M1_P2	P2_ML	M2_ML	S2_ML	B_C_M	C_B_S	B_S	C_M
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,56	0,85	0,17	0,66	0,64	0,99	0,66	0,99	0,92

Testgröße	R_Q	N_O	S_S2	R_R2	Q_Q2	O_O2	N_N2	M_M2
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,91	0,93	0,99	0,98	0,95	0,79	0,94	0,99

Vergleichsgruppe

Tabelle 7: Ergebnisse des *K-S-Tests* für die Vergleichsgruppe.

Testgröße	B_C	P_P1	S_S1	R_R1	Q_Q1	O_O1	N_N1	M_M1	S_M
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,97	0,83	0,37	0,51	0,40	0,97	0,61	0,37	0,59

Anlagen

Testgröße	P_P2	M1_P2	P2_ML	M2_ML	S2_ML	B_C_M	C_B_S	B_S	C_M
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,57	0,97	0,42	0,24	0,83	0,84	0,45	0,72	0,99

Testgröße	R_Q	N_O	S_S2	R_R2	Q_Q2	O_O2	N_N2	M_M2
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,79	0,66	0,67	0,90	0,88	0,93	0,97	0,97

Kontrollgruppe

Tabelle 8: Ergebnisse des *K-S-Tests* für die Kontrollgruppe.

Testgröße	B_C	P_P1	S_S1	M_M1	S_M	P_P2	P2_ML	M2_ML	S2_ML
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,82	0,54	0,46	0,46	0,99	0,99	0,26	0,99	0,82

Testgröße	B_C_M	C_B_S	S_S2	M_M2
Exakte Signifikanz (2-seitig)	0,58	0,24	0,89	0,91

Erklärung über die eigenständige Abfassung der Arbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren.

.....

Datum

.....

Unterschrift

Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Dannhauer für die Ermöglichung dieser Arbeit sowie die Bereitstellung aller notwendigen Unterlagen und Materialien. Ganz besonders danke ich auch Frau Dr. Dürwald für ihre hilfreiche fachliche Beratung sowie die Einweisung in den Umgang mit dem Reflexmikroskop und dessen Software. Auch allen anderen Mitarbeitern der Selbständigen Abteilung für Kieferorthopädie danke ich für ihre Unterstützung. Des Weiteren möchte ich mich bei Frau Falkenberg vom Archiv in Grünau für ihre Hilfe bei der Suche nach geeigneten Modellen bedanken.

Eine große Hilfe bei der Literaturrecherche waren Frau Müller und Frau Wittmer von der Außenstelle der Zentralbibliothek Medizin in der Augenklinik. Für die stets freundliche und umgehende Bearbeitung meiner Anliegen möchte ich mich ebenfalls recht herzlich bedanken.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. rer. nat. habil. Hinz von der Selbständigen Abteilung für Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie für seine Hilfe bei der statistischen Auswertung meiner Daten.

Nicht zuletzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden für die Ermutigung und Motivation während des Entstehens dieser Arbeit sowie ihre Unterstützung in allen diesbezüglichen Belangen.